

VŠB - Technická Univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Pneumatický systém nákladního vagónu

Pneumatic System of Freight Wagon

Student:

Bc. Urbanec Adam

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Dvořák Lukáš, Ph.D

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Adam Urbanec**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 16 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Pneumatický systém nákladního vagónu**
Pneumatic System of Freight Wagon

Zásady pro vypracování:

Navrhněte pneumatický systém ovládání klapky vagónu pro transport sypkých hmot. Na obou stranách vagónu jsou dvě klapky pro vysypání nákladu, přičemž je možno otevřít všechny klapky najednou, nebo každou stranu zvlášť. Klapky jsou po dobu transportu blokovány proti otevření. Součástí návrhu je i ovládání horních násypných dveří. V rámci práce vypracujte:

1. přehled současného stavu a možných způsobů řešení,
2. pneumatický mechanismus otvírání výsypných klapky a horních dveří,
3. potřebné výpočty pro dimenzování prvků a proveďte jejich volbu z výrobního prog. fy Parker Hannifin,
4. návrh velikosti vzdušníku pro jedno otevření a zavření po odpojení vagónu od zdroje stlačeného vzduchu,
5. alternativní řešení ovládání otvírání klapky.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 p. ISBN 978-3-540-69470-0
DOSTÁL, J.; HELLER, P. *Kolejová vozidla I*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007. 119 s. ISBN 978-80-7043-520-5
BOHL, W.: *Technische Strömungslehre*. Würzburg : VEB Fachbuchverlag Leibzig, 1984, 275 s. 6. vydání, Bestellnummer: 547 066 3
Katalogy a podklady firmy Parker Hannifin.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: Dr. Ing. Radim Olšovský

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 17.5. 2012.....


.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mojí diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB–TUO“) má právo nevýdělečně ke své potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3.)
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB–TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB–TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB–TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB–TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB–TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 17.5.2012



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Adam Urbanec

Adresa trvalého pobytu autora práce: 2.května 629, Studénka, 742 13

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

URBANEC, A. *Pneumatický systém nákladního vagónu : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2012, 68 s. Vedoucí práce: Ing. Lukáš Dvořák Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem pneumatického systému nákladního vagónu. Jedná se zejména o otevírání bočních dveří a ovládání střechy. V první části jsem se zaměřil na popis a konstrukci vagónu, pro který obvod navrhuji. Dále jsem rozepsal alternativní způsoby ovládání dveří vagónu. Vytvořil jsem přehled nejpoužívanějších výsypných nákladních vozů. V druhé části jsou uvedeny všechny výpočty potřebné k návrhu pneumatického obvodu, schéma pneumatického systému, specifikace pneumatických prvků a prvků vedení. Dále jsem vytvořil dvě alternativní varianty pneumatického obvodu.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

URBANEC, A. *Pneumatic system of freight wagon : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulics Mechanism, 2012, 68 p. Thesis head: Ing. Lukáš Dvořák Ph.D.

Master thesis is dealing with design of pneumatic system of freight wagon. Especially opening of side gate and controlling of roof. In the first part I aim on description of wagon construction for which the pneumatic circuit is designed. Next I described alternative control of wagon side gates. I created the summary of most common hoppers wagon. In the second part there are all necessary calculations for circuit design, pneumatic system design, specification of pneumatic components and components of tubing. Next I designed three alternatives of pneumatic mechanism.

Obsah:

1	Úvod	11
2	Základní informace	12
2.1	Konstrukce vozu.....	12
3	Teorie výsypných nákladních vozů	13
3.1	Všeobecně o výsypných vozech.....	14
3.2	Umístění výsypných klapek nákladních vozů	15
3.3	Výsypné vozy s plochou podlahou	17
3.4	Konstrukce výsypných klapek	17
4	Nejpoužívanější typy vozů, které k výsypu nákladu používají výsypné klapky... 18	
4.1	Nákladní vozy typu Falls 11,54	18
4.2	Nákladní vozy typu Falns 121	19
4.3	Nákladní vozy typu WAP 26, 27, 27.1	20
4.4	Nákladní vozy typu Facc 10, 11	20
5	Alternativní způsoby ovládaní bočních klapek.....	21
5.1	Ruční ovládaní	21
5.2	Hydraulické ovládaní	23
6	Výpočty potřebné k návrhu prvků	24
6.1	Výpočet průměru pístu ovládajících boční dveře.....	24
6.2	Výpočet spotřeby vzduchu pro motor ovládající boční dveře	26
6.3	Výpočet průměru pístu ovládajících střechu	27
6.4	Výpočet spotřeby vzduchu pro motory ovládající střechu.....	28
6.5	Volba průměru pístu blokujících boční dveře a střechu.....	29
6.6	Výpočet spotřeby vzduchu pro blokovací motory bočních dveří	30
6.7	Výpočet spotřeby vzduchu pro blokovací motory střechy.....	31
7	Návrh pneumatického obvodu	32
7.1	Požadavky na pneumatický systém ovládaní bočních dveří	32
7.2	Posloupnost operací při ovládaní bočních dveří	32
7.3	Názvy a značení použitých prvků	34
7.4	Popis pneumatického obvodu	37
7.5	Kontrola propustnosti obvodu.....	39
7.6	Výpočet teoretického času otevření dveří	41
7.7	Simulace obvodu v programu Automation Studio	42
8	Specifikace použitých pneumatických prvků	45
8.1	Pneumatické přímočaré motory	45

8.2 Rozváděče	47
8.3 Řídící ventily	48
8.4 Ostatní prvky	50
9 Návrh rozvodu stlačeného vzduchu	52
9.1 Silová část rozvodů	52
9.2 Řídící část rozvodů	61
10 Výpočet velikosti vzdušníku	61
11 Alternativní řešení ovládání otevírání bočních dveří	63
11.1 Alternativní řešení 1 – ovládání pomocí tlačítek	63
11.2 Alternativní řešení 2 – ovládání pomocí otočných pák	64
11.3 Alternativní řešení 3	65
12 Závěr	66
13 Seznam použité literatury	67
14 Seznam příloh	68

Seznam použitého značení

A_1	Polytropická práce	[J]
A_2	Izobarická práce	[J]
D_1	Ø pístu pneumomotoru ovládající boční dveře	[m]
D_2	Ø pístu pneumomotoru ovládající střechu	[m]
D_3	Ø pístu pneumomotoru blokující boční dveře	[m]
F_{Z1}	Užitečné zatížení pneumomotorů bočních dveří	[N]
F_{Z2}	Užitečné zatížení pneumomotorů střechy	[N]
H	Pracovní zdvih pneumatických válců 1A1, 1A2, 2A1, 2A2	[m]
H_3	Pracovní zdvih pneumatického válce 3A1, 3A2	[m]
Q_1, Q_2	Spotřeba vzduchu	[m ³ .s ⁻¹]
Q_3, Q_4	Spotřeba vzduchu	[m ³ .s ⁻¹]
Q_{Nmin}	Spotřeba vzduchu za normálních podmínek a minimální teplotě	[m ³ .s ⁻¹]
Q_{Nmax}	Spotřeba vzduchu za normálních podmínek a maximální teplotě	[m ³ .s ⁻¹]
Q_{Nne}	Ekvivalentní náhradní spotřeba vzduchu	[m ³ .s ⁻¹]
Q_P	Spotřeba vzduchu při pracovním tlaku	[m ³ .s ⁻¹]
R_o	Součet pasivních odporů od tření pístu a pístnice	[N]
S_1, S_2	Pracovní plocha pístu D_1 a D_2	[m]
S_3	Pracovní plocha pístnice	[m]
T_N	Normální teplota	[K]
T_{Nmin}	Spotřeba vzduchu za normálních podmínek a minimální teplotě	[K]
T_{Nmax}	Spotřeba vzduchu za normálních podmínek a maximální teplotě	[K]
$V_{1pístnice}$	Objem prostoru pístnice motoru 1A1, 1A2, 2A1, 2A2	[m ³]
$V_{1píst}$	Objem prostoru pístu motoru 1A1, 1A2, 2A1, 2A2	[m ³]
$V_{3pístnice}$	Objem prostoru pístnice motoru 3A1, 3A2	[m ³]
$V_{3píst}$	Objem prostoru pístu motoru 3A1, 3A2	[m ³]
V_{DN15}	Objem trubky DN15	[m ³]
V_{SIL}	Objem silového vedení pro výpočet velikosti vzdušníku	[m ³]
$V_{ŘÍD}$	Objem řídicího vedení pro výpočet velikosti vzdušníku	[m ³]
V_V	Objem vzdušníku	[m ³]
a	Součinitel zatěžující síly	[1]
d_1	Ø pístnice pneumomotoru ovládající boční dveře	[m]
d_2	Ø pístnice pneumomotoru ovládající střechu	[m]

d_2	Ø pístnice pneumomotoru blokující boční dveře	[m]
d_v	Ø vedení	[m]
g	Gravitační zrychlení	[m.s ⁻²]
m	Hmotnost střechy	[kg]
n	Exponent závislý na druhu stavové změny	[-]
p_1	Vstupní přetlak vzduchu	[Pa]
p_2	Výstupní přetlak vzduchu	[Pa]
p_{at}	Atmosférický tlak	[Pa]
p_N	Normální tlak	[Pa]
t	Požadovaný čas otevření (zavření) bočních dveří	[s]
t_t	Teoretický čas otevření bočních dveří	[s]
v	Minimální rychlost pístu pro otevření bočních dveří	[m.s ⁻¹]
v_s	Skutečná rychlost vysouvání pístu	[m.s ⁻¹]
v_s	Rychlost průtoku stlačeného vzduchu	[m.s ⁻¹]

1 Úvod

Stlačený vzduch je v současnosti velmi často používán na nákladních i osobních železničních vozech. Své uplatnění našel zejména v brzdovém systému, ovládání dveří pro výstup a nástup pasažérů, ovládání bočních dveří samo výsypných vozů, ovládání rotačních výklopníků atd. Důvodem rozsáhlého použití jsou výhody, kterými pneumatické mechanismy disponuje před mechanismy hydraulickými, elektrickými nebo mechanickými. Tyto výhody budou dále podrobně rozepsány. Zdrojem stlačeného vzduchu je kompresor, který je umístěn na hnacím vozidle. Rozvod stlačeného vzduchu je realizovaný zvlášť brzdovým vedením a zvlášť vedením k ostatním pneumatickým prvkům.

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout pneumatický obvod nákladního vagónu. Informace ohledně řešeného problému jsem našel na internetu, v interních sbornících Českých drah a ve skriptech. Velmi prospěšná pro mě byla schůzka s technologem opravárenského podniku železničních vozů. Díky ní jsem si mohl důkladně prohlédnout konstrukci daného typu nákladního vozu v opravárenském depu a názorně jsem viděl, jakým způsobem bylo řešeno otevírání bočních dveří u starších typů vozů. Dalším zdrojem informací pro mě byla návštěva Vagonářského muzea ve Studénce, při které jsem měl možnost nahlížet do rozsáhlé knihovny, která pro veřejnost běžně není přístupná. Při navrhování pneumatického obvodu a sepisování této práce jsem využil informace ze své bakalářské práce. V té jsem se zabýval stejným problémem, tedy návrhem pneumatického obvodu pro otevírání bočních dveří, přičemž požadavky na pneumatický obvod byly jiné a počet těchto požadavků byl zredukován na množství odpovídající rozsahu bakalářské práce. V diplomové práci toto téma dále prohlubuji. Na základě všech zjištěných informací jsem vypracoval tuto diplomovou práci.

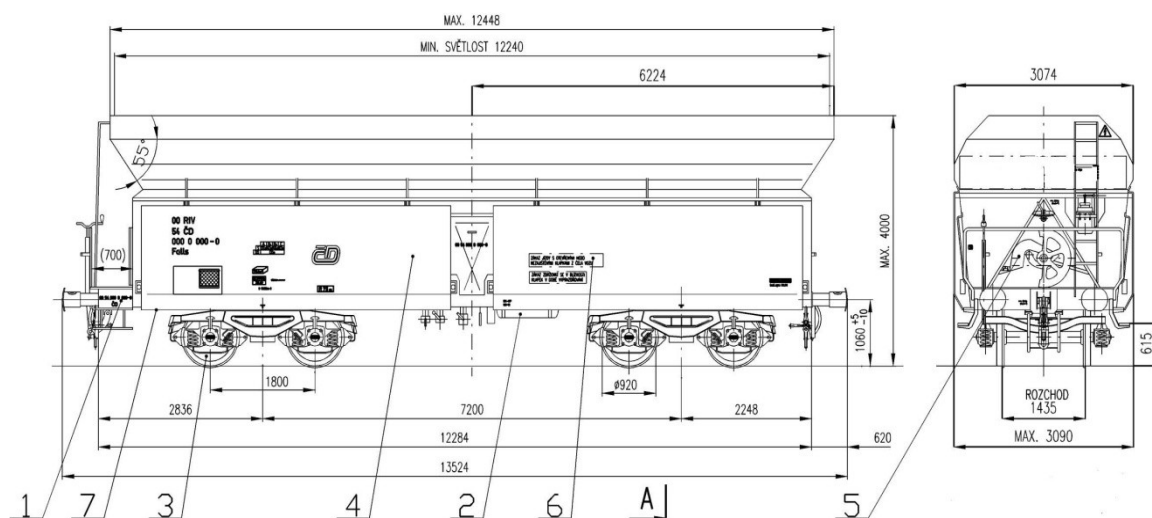
2 Základní informace

Na konci 20. století se přeprava uhlí na železnicích zvýšila několikanásobně. Důvodem byla rostoucí spotřeba elektráren, hutí a tepláren. Největší objemy uhlí byly přepravovány ve vozech, které se vyprazdňovaly bez nutnosti speciálních čelních nebo rotačních výklopníků. Vyprazdňování se provádělo vlastní váhou nákladu.

2.1 Konstrukce vozu

České dráhy provozují ve svém vozovém parku čtyřnápravové výsypné železniční vozy řady Falls 11. Pneumatický systém otevírání klapek navrhuji pro nejnovější modifikaci tohoto vozu, proto v následujícím textu popíši jeho konstrukci.

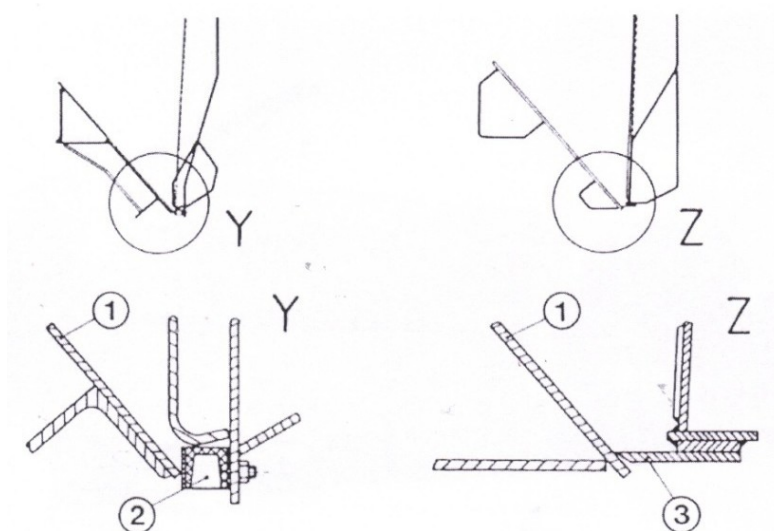
Skříň vozu je svařovaná konstrukce, která se skládá z tvarových bočních stěn s výsypnými otvory, tvarových čelních stěn, středního příčnicku a střešovité podlahy. Celá kostra skříně je vyrobena z válcovaných ocelových profilů a společně s kostrou podvozku tvoří jeden nosný celek. Skříňové obložení je provedeno z ocelových plechů tloušťky 4mm. Kostra spodku vozu je svařená z válcových a ohýbaných profilů a plechů pásové ocele. Nejvhodnější tvar podlahy se stal tvar W.



Obrázek 1 – Výkres vozu (1- brzdářská plošina, 2 – brzda, 3 – podvozek, 4 – skříň, 5 – výsypný mechanismus, 6 – nářezy a nápisy)

Vagonová skříň je rozdělena pomocí křížové vložky na dvě samostatné komory. Tato vložka má ve své spodní části dva výstupní otvory, které se zavírají pomocí stabilních bočních dveří. Uchycení dveří je zajištěno pomocí dvou společných kloubových ložisek. Výztuhy klapky jsou zhotoveny z 6mm tlustého plechu. Těsnění dveří je provedeno

pomocí řezné těsnicí lišty z nerezové oceli, která vystřídala dřívější těsnění dveří, což bylo pomocí pryžového těsnění. Provedení těsnění je znázorněno na obrázku 2. Důvodem změny pryžového těsnění za řeznou těsnicí lištu nebyla nedostatečná těsnost pryže, ale fakt zjištěný z provozu. Docházelo totiž k nalepení přepravovaného substrátu na těsnění a následnému nedovření dveří. Břit řezné těsnicí lišty lehce pronikl přes ulpělý substrát a dveře mohly být dovřeny. Utěsnněním dveří dosáhneme také snížení znečištění kameniny železničního lóže a také proniknutí dešťové vody do nákladu.



Obrázek 2 – Utěsnnění bočních klapků (1 – dosedací lišta, 2 – pryžové těsnění, 3 – těsnicí lišta z nerezové oceli)

V každé boční stěně jsou tedy vždy dvojce výsypné dveře svařované z ocelových profilů a plechů, obložené plechem tloušťky 4 mm. K ovládání bočních výsypných dveří se používá pneumatický mechanismus (samostatně jeden vůz nebo najednou celá souprava) nebo ruční (mechanické) ovládání. Pro oba způsoby jsou ovládací prvky umístěny na brzdářské plošině, která je na čele vozu. Po otevření výklopných dveří se vyprazdňování vozu děje samostatně vlastní vahou nákladu, najednou, vně koleje. V uzavřené poloze jsou boční dveře blokovány pojistným kolíkem, který je v zasunuté poloze kontrolou dokonalého uzavření dveří.

3 Teorie výsypných nákladních vozů

Výsypné vozy, samovýsypné vozy neboli sypáky jsou vozy pro přepravu volně loženého materiálu, které jsou zvlášť uzpůsobené tak, že celý náklad se při vykládce vysype z vozu působením vlastní tíhové síly. Není při tom třeba vyklápat korbu ani převracet celý vůz v rotačním výklopníku. Požadavky na výsypný vůz jsou různé:

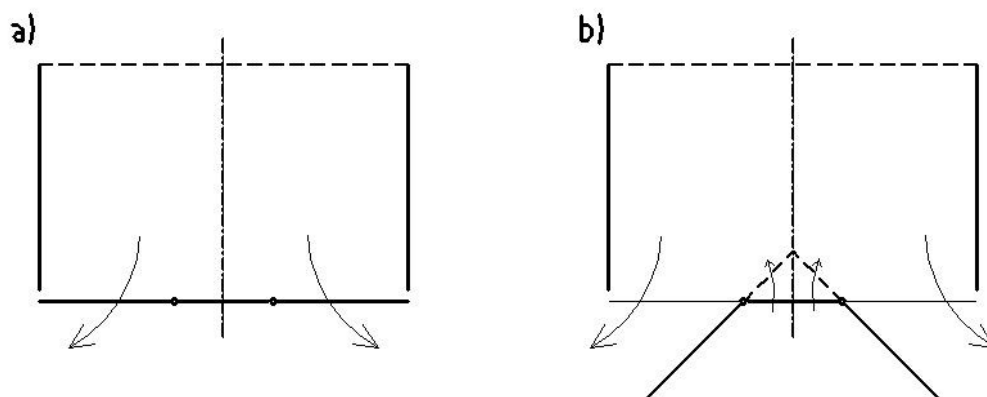
maximální ložný objem, rychlost vykládky, možnost dávkování, určité směřování vykládaného substrátu. Podle toho potom pro jednotlivé účely se konstruují různé druhy výsypných vozů.

3.1 Všeobecně o výsypných vozech

Abychom nákladní vůz mohli označit za výsypný, musí jeho konstrukce splňovat následující:

- ve spodní části úložného prostoru mají umístěné uzavíratelné výsypné otvory
- podlaha se k těmto otvorům svažuje přinejmenším pod úhlem rovným synnému úhlu substrátu

Nesplní-li se tyto podmínky, nebude zaručeno samočinné vysypání celého objemu nákladu. Jako příklad můžeme použít nákladní vůz řady Es (viz. Obrázek 3a). Po otevření jeho výsypných otvorů sice dojde k vyložení substrátu, to nám však nedovoluje označit vůz za výsypný. Výsypný vůz tedy nemůže mít plochou podlahu, leda že by jeho podlaha byla konstrukčně provedena jako na Obrázku 3b. Klapky vyplňují celou plochu podlahy a při otevření samy vytvoří sklon potřebný k samočinnému vysypání substrátu.



Obrázek 3 – Příčný řez skříní univerzálního vozu Es s plochou podlahou a výsypnými klapkami a) „obyčejný“, b) „zvláštní“ (je znázorněná poloha, do které se vodorovné panely přestaví, má-li vůz být použit jako výsypný)

Materiál z výsypných vozů můžeme vykládat:

- do nízko položených násypek umístěných u koleje
- dolů z estakády nad hromadami substrátu
- na pásový dopravník přistavený těsně pod vůz

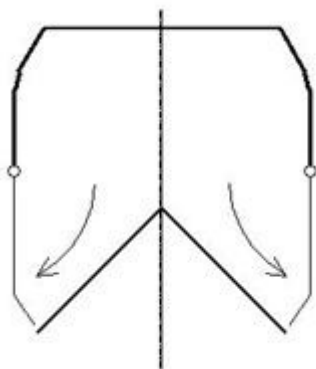
- volně vedle koleje. V případě že se z vozu šterkuje kolej je možný výsyp i dovnitř koleje

3.2 Umístění výsypných klapek nákladních vozů

Výsypné nákladní vozy prošly historicky velkým vývojem, proto jsou konstrukčně velmi rozmanité a můžeme je rozdělit podle mnoha hledisek. Nejvhodnější je rozdělení podle uspořádání výsypných otvorů a s tím spojeným tvarem podlahy.

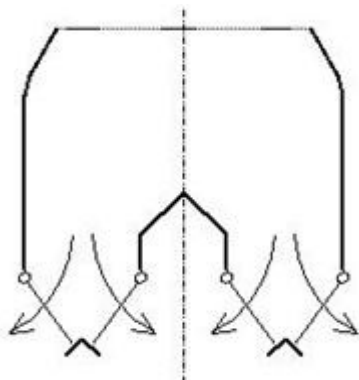
Rozdělení podle [7]:

- a) S podlahou tvaru W. Takový tvar podlahy nazýváme střechovitá nebo sedlová. Samotná podlaha je pevná. Výsypné dveře tvoří část bočnic a jsou pohyblivé. Umožňují sypání substrátu vně koleje. (viz Obrázek 4)



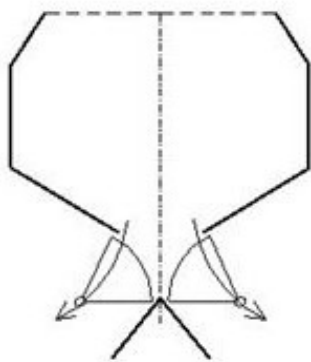
Obrázek 4 – Schematické znázornění příčného řezu skříně a fotografie vozu s podlahou tvaru W – vůz řady Falls

- b) S podlahou, která má rovněž tvar písmene W, ale na rozdíl od předchozího případu jsou výsypné klapky na vnější i vnitřní straně. To umožňuje sypat náklad vně koleje i mezi ně. (viz Obrázek 5)



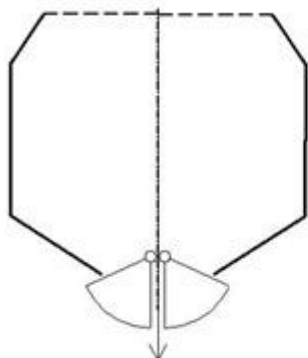
Obrázek 5 – Vůz s nízko položenými výsypnými otvory, umožňující vyložení dovnitř i vně koleje. Na fotografii je maďarská verze vozu provozovaného v mnoha středoevropských zemích.

- c) S podlahou tvaru V. Ve spodní (nejušší) části podlahy jsou na obou stranách výsypné klapky. Rovnice bočnic obvykle navazuje na další plochy, které usměrňují sypání materiálu ke stranám. Tím vzniká v příčném řezu tvar písmene X. (viz. Obrázek 6)



Obrázek 6 – Vůz s podlahou tvaru V, umožňující vysypání nákladu na levou nebo pravou stranu vozu

- d) S podlahou tvaru V. Výsypné klapky jsou umístěné v nejnižším místě na ose vozu. Materiál se jimi sype přímo dolů. (viz Obrázek 7)



Obrázek 7 – Vůz se středovými otočnými klapkami

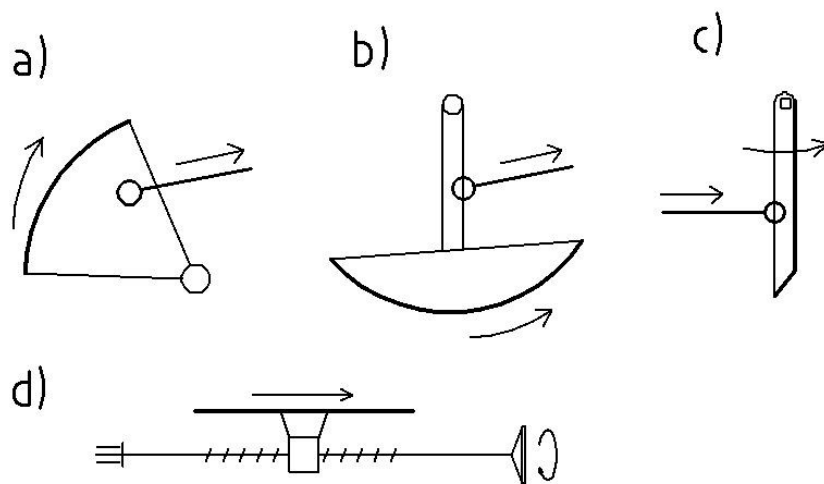
Vzdálenost hrany výsypných otvoru od země se může lišit. Je-li umístěna výše, je možno pod ní položit pásový dopravník, na který se náklad vysype. Je-li hrana umístěna níže, je možno lepe využít prostor ke zvětšení celkového objemu nákladní části a můžeme přesněji směřovat tok vykládaného materiálu na určitá místa. Vozy s výsypnými klapkami výše položenými, většinou mají nejružnější žlaby, štíty a přepady, po nichž se materiál sesypává, než vůz opustí úplně.

3.3 Výsypné vozy s plochou podlahou

Konstrukce výsypných vozů je přizpůsobená na převoz zejména sypkého, volně loženého materiálu. K přepravě jiného druhu zboží jsou nevhodné. Z toho důvodu bylo dříve ve snaze konstruktérů navrhnout takový nákladní vůz, který má plochou podlahu a svislé stěny. Důvodem byla jeho využitelnost jako vozy běžné stavby a navíc bylo možné jej nakládat sypkým materiálem a vykládat jako výsypný vůz. Řešením jsou klapky na celé ploše podlahy vozu. V zavřené poloze tvořily rovinu, ale v otevřené poloze dokázaly vytvořit sklon potřebný pro sypání materiálu. Podlaha musí být umístěná o něco výše, ale i tak je sklopení klapek nad podvozkem omezeno. (viz Obrázek 3b)

3.4 Konstrukce výsypných klapek

Výsypné otvory jsou opatřeny klapkami. Ty musí v uzavřeném stavu těsně přiléhat k otvorům a spolehlivě je zakrývat po celé ploše, aby nedošlo k nechtěnému úniku naloženého materiálu. Klapky jsou vybaveny mechanismem, který umožňuje jejich obsluhu v případě výkladky.[7]



Obrázek 8 – Druhy výsypných klapek. Silnou čarou je znázorněná stěna klapky, šipky vyznačují pohyb klapky a souvisejících částí při otevírání.

- Klenutá klapka otočně upevněná na straně opačně k ložnému prostoru. Není nijak zvlášť jištěná. (zajišťuje se například jen ovládací páka)
- Klenutá klapka otočně upevněná na straně ložného prostoru. její pohyb je prováděn pomocí táhla vykládacího mechanismu. Běžně nebývá nijak zajištěná. Podobně jako v předchozím případě totiž tíhová síla nákladu nepůsobí ve směru jejího otevírání. (nebo v tomto směru působí pouze její malá složka)

- c) Rovná nebo mírně vyklenutá klapka, která je zavěšená na stěně ložného prostoru pomocí kloubových ložisek. Náklad působí svou tíhou k jejímu otevření, proto je její spodní hrana zajištěna hřídelem, vysunutím pneumatického válce nebo polohu klapky musí zajišťovat ovládací mechanismus.
- d) Úplně rovná klapka, která na rozdíl od předchozích případů koná posuvný pohyb. K jejímu otevření se často využívá vřetenový mechanismus, který polohu klapky zajišťuje svou samosvorností.

4 Nejpoužívanější typy vozů, které k výsypu nákladu používají výsypné klapky

V této kapitole bych rád shrnul nákladní železniční vozy, které k vysypávání nákladu používají energii stlačeného vzduchu. Je nutné podotknout, že jednotlivé nákladní vozy byly určeny k přepravě různého materiálu, v jiných klimatických podmínkách a za jiných požadavků na provoz. Tyto požadavky se liší s ohledem na mezinárodní a vnitrostátní provoz, bezpečnost a technické provedení. Proto jednotlivé vozy byly podrobeny nejrozličnějším úpravám a modifikacím. V tomto souhrnu uvádím podle [1], [8] pouze ty nejpoužívanější a nejrozšířenější.

4.1 Nákladní vozy typu Falls 11,54

Tyto typy vozu byly převzaty od železnice Německé demokratické republiky při sjednocení Německa. Je to otevřený výsypný vůz určený především



Obrázek 9 – Falls 11

pro přepravu uhlí. Mezi další vhodné přepravované materiály patří koks, štěrk, písek, zemina, vápence na odsíření. Téměř celou plochu bočnic zabírají 2+2 zavěšené vyklápěcí klapky, s nimiž se pohybuje pneumaticky (pouze všechny čtyři klapky najednou) a nouzově taky ručně. Podlaha je tvaru W, vůz se vykládá současně oboustranně a bez možnosti dávkování. Výsypné otvory jsou vysoko položené (více než 70 cm nad zemí), označení Falls je tedy chybné a mělo by být Fals. Kvůli rozšíření možností mezinárodní přepravy byly některým vozům Falls vyměňovány staré podvozky za podvozky Y25 (typ vozu 401.3).

Technické parametry – Falls 11	
Hmotnost prázdného vozu	26,8 t
Délka přes nárazníky	13 500 mm
Rozvor podvozku	2 000 mm
Počet náprav	4 ks
Ložný prostor (objem)	75 m ³
Nakládací otvor vrchní – počet (rozměry)	1 ks (12 440 mm x 1 850 mm)
Výsypné otvory - počet	4 ks
Výsypné otvory – rozměry (ŠxV)	5 200 mm x 850 mm

Tabulka 1 – Technické parametry vozu Falls 11



Obrázek 10 – Nákladní vůz Falls 11

4.2 Nákladní vozy typu Falls 121

Tyto vozy byly zkonstruovány v 90. letech minulého století na základě zvýšení technických parametru. Snížení hmotnosti vozu, zvýšení objemu vozu na 90 m³, snížení provozních nákladů o 30%, optimalizace systému otevírání klapky. Skříň vozu je tvořená převážně z konstrukční oceli, ale těsnicí lišta klapky, část klapky a přiléhající část skluzu jsou vyrobeny z nerezové oceli. Otevírání vozu u tohoto typu je hydraulické.



Obrázek 11 - Nákladní vůz Falls 121

4.3 Nákladní vozy typu WAP 26, 27, 27.1

Provedení vozu typu 27 lze ovládat každý vůz samostatně pneumaticky nebo ručně. U typu 27.1 lze ovládat pneumaticky více vozů najednou, případně jeden vůz ručně. Každá strana bočních klapek byla ovládána jedním pneumatickým válcem. Ve své době patřily k nejpoužívanějším nákladním vozům u nás. Jejich provoz ČSD zrušilo v průběhu let 1991 - 1994. Převážované materiály byly uhlí, koks a podobné sypké hmoty o střední zrnitosti.

Technické parametry – WAP 26	
Hmotnost prázdného vozu	26 t
Délka přes nárazníky	13 500 mm
Rozvor podvozku	2 000 mm
Počet náprav	4 ks
Ložný prostor (objem)	75 m ³

Tabulka 2 – Technické parametry vozu WAP 26



Obrázek 12 - Nákladní vůz WAP 26

4.4 Nákladní vozy typu Facc 10, 11

Dvounápravový otevřený výsypný vůz pro přepravu sypkých hmot nevyžadujících ochranu před povětrnostními vlivy. Především šterku, písku, zeminy, vápence na odsíření. Ložný prostor je rozdělen příčnou stěnou na dvě části, každá má dva vysoko položené výsypné otvory. Náklad lze vysypávat jak vně koleje, tak do koleje. Vykládá se oboustranně podle volby a s možností dávkování.

Technické parametry – Facc 10	
Hmotnost prázdného vozu	23 t
Délka přes nárazníky	12 740 mm
Rozvor podvozku	2 000 mm
Počet náprav	4 ks
Ložný prostor (objem)	38 m ³
Nakládací otvor vrchní – počet (rozměry)	1 ks (8 400 mm x 1 600 mm)
Výsypné otvory - počet	4 ks
Výsypné otvory – rozměry (ŠxV)	1 600 mm x 380 mm

Tabulka 3 – Technické parametry vozu Facc 10



Obrázek 13 – Nákladní vůz Facc 10

5 Alternativní způsoby ovládaní bočních klapek

5.1 *Ruční ovládání*

Ruční ovládání výsypných klapek se provádí bezpečnostní ovládací pákou přes ozubený převod na centrální hřídeli. Ovládání jinou pákou je zakázáno, z důvodu bezpečnosti obsluhy. Ovládání ručního a pneumatického zařízení je provedeno tak, že při použití ručního mechanismu je blokován pneumatické a naopak. Otevírají se všechny čtyři klapky najednou. Toto ovládání se dá použít pouze na jeden vůz. Ručního ovládání se využívá zejména při poruše pneumatického systému nebo pro případ údržby či opravy.

Postup pro otevírání klapek ručně, je následující:

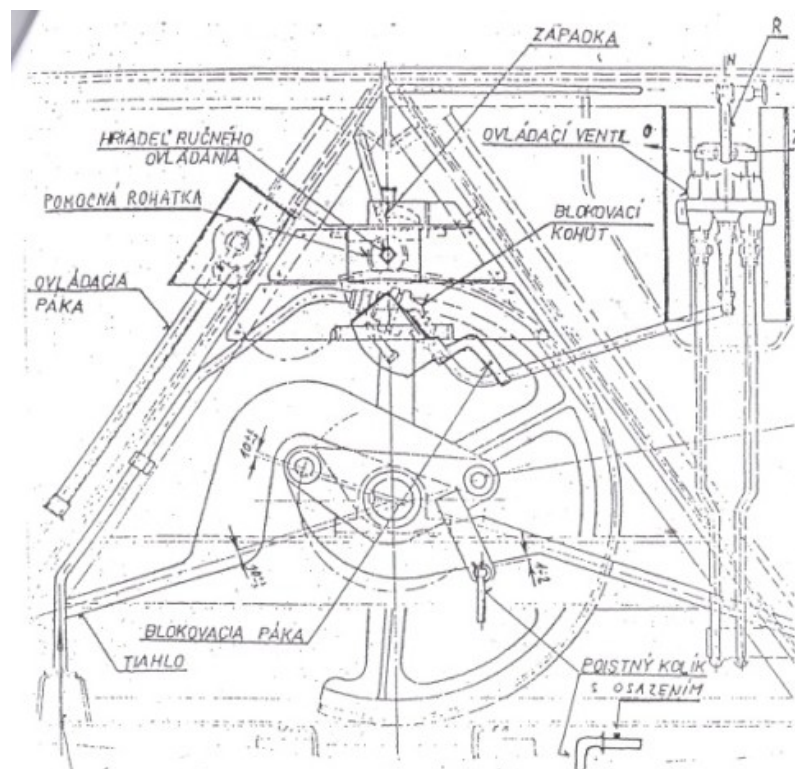
- vytáhnou pojistný kolík ovládacích táhel
- západku zasunout do záběru pomocné rohatky
- blokovácí páka musí být v poloze, která dovoluje nasunutí ovládací páky
- překontrolovat funkci ovládací páky a nasunout jí na čtyřhran hřídele z pravé strany plošiny tak, aby vpředu byla červená strana páky označena „0“

- otevírání kývavým pohybem páky až do krajní polohy otevření klapky

Postup pro zavírání klapky ručně, je následující:

- klapky musí být otevřeny úplně až do krajní polohy
- ovládací páku nasunout na čtyřhran hřídele z levé strany tak, aby vpředu byla žlutá strana páky označená „Z“
- západku vysunout ze záběru pomocné rohatky
- zavírat kývavým pohybem páky při zasunutí západce na ovládací páce
- v uzavřené poloze zajistit mechanismus pojistným kolíkem s osazením

Při ručním otevírání je nutné vždy klapky otevřít až do krajní polohy. Zavírání zase provádět z krajní otevřené samosvorné polohy. Klapky ovládá jeden pracovník, který musí být proškolený. Jiné osoby se nemohou zdržovat na plošině nebo v blízkosti výsypných klapky v době manipulace s ovládáním mechanismu (otevírání – zavírání). Stručný návod jak ovládat výsypné klapky je uveden na každém vozu. Podrobnější informace nalezneme v [2].



Obrázek 14 – Mechanismus ovládání bočních klapky

5.2 *Hydraulické ovládání*

Hydraulické ovládání bočních klapek není příliš časté, vzhledem k výhodám pneumatických mechanismů. Mezi tyto výhody můžeme jmenovat:

- Rozvod stlačeného vzduchu je realizován jediným vedením. Po předání energie pracovnímu mechanismu je stlačený vzduch vypuštěn do atmosféry.
- Čistota provozu pneumatického mechanismu. Případnou havárií hydraulického systému by mohlo dojít k úniku hydraulického oleje do kolejiště a znečištění okolní krajiny.
- Stlačený vzduch není tak výrazně ovlivňován teplotou jako kapaliny hydraulických mechanismů, proto může pneumatický mechanismus pracovat ve větším rozsahu teplot.

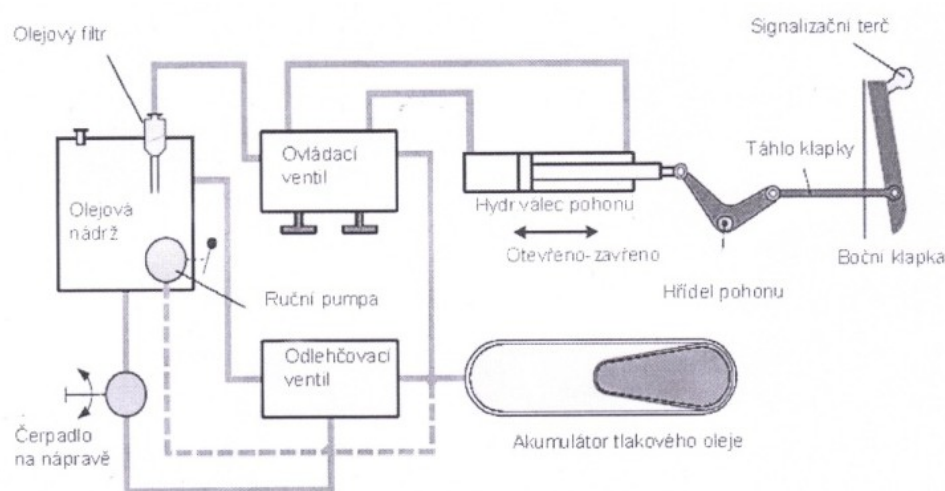
Hydraulické ovládání bočních klapek využívají např. vozy Falns 121, které používají některé německé železniční společnosti. Otevírání i zavírání bočních klapek se tedy děje hydraulicky. Tímto ovládáním můžeme taky otevírat a zavírat střechu vozu, která slouží k násypu suroviny do vozu. Podle [3] jsou vozy vybaveny:

- Čerpadlo
- Pistový akumulátor
- Ovládaný válec
- Uzavírací válec
- Válec pro ovládání střechy
- Dvojčinné ruční čerpadlo (nouzové)
- Odvětrávací filtr a filtr zpětného chodu
- Ventily (jednosměrný, pojistný, 9/3 cestný, škrticí, uzavírací, 6/3 cestný ventil, redukční, ručně ovladatelný, kulový ventil, tlakový)

Pomocí čerpadla je olej dopravován do pistového akumulátoru až do dosažení provozního tlaku (cca 22,5MPa). Při sepnutí hydraulického systému se nejdříve zavře pojistný ventil. Teprve pak může olej proudit rozvodovým ventilem a dotykovým válcem. Pro hydraulické ovládání klapek jsou dvě různé možnosti ovládání:

- Ovládání ze strany kolej (pomocí čtyřhranného klíče)
- Ovládání z brzdářské plošiny vozu (tlačítka, páky, nožní pedál)

Zjednodušeně se dá říct, že na nápravě je hydraulické čerpadlo, které za jízdy vozu tlakuje akumulátor tlakového oleje. Z tohoto akumulátoru lze vůz bez dalších přivedení energie 2-3x otevřít a zavřít.



Obrázek 15 – Zjednodušené schéma hydraulického ovládání

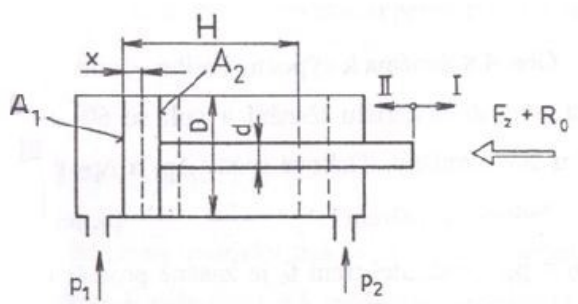
6 Výpočty potřebné k návrhu prvků

Každý vagón má čtyři výklopné dveře (dvojce dveří na obou stranách), které se přes pákový mechanismus otevírají pomocí pneumatického dvojčinného válce. Zadané hodnoty systému:

- Ovládací tlak vzduchu 0,5 MPa až 1 MPa. Zařízení musí být plně funkční v celém rozsahu pracovních tlaku.
- Osová síla působící na pneumatický válec bočních dveří $F_{Z1} = 7500N$
- Hmotnost střechy, která je tvořena dvěma částmi $m = 2 \cdot 500kg$
- Pracovní zdvih pneumatického válce bočních dveří $H = 350mm$
- Požadovaný čas otevření dveří $t = 10s$, požadovaný čas zavření dveří 10s

6.1 Výpočet průměru pístu ovládajících boční dveře

Výpočet je proveden na minimální požadovanou hodnotu tlaku, tedy 0,5 MPa. Potřebné geometrické parametry dvojčinného motoru s jednostrannou pístnicí jsou uvedeny na Obrázku 16.



Obrázek 16 – Schéma k výpočtu přímočarého motoru

Pro kruhový průřez pístu bude rovnice silové rovnováhy

$$F_Z + R_O + p_2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot (D^2 - d^2) = p_1 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot D^2 \quad (6.1)$$

kde F_Z je užitečné zatížení, R_O je součet pasivních odporů tření těsnění pístu a pístnice, p_1 a p_2 je vstupní a výstupní přetlak vzduchu, D a d jsou průměry pístu a pístnice.

Výpočet pasivních odporů R_O se s dostatečnou přesností nahrazuje jistou částí zatěžující síly F_Z pomocí součinitele a dle [4], což můžeme vyjádřit vztahem

$$R_O = a \cdot F_Z \quad (6.2)$$

Součinitel a se volí 0,1 až 0,3.

Výpočet můžeme dále zjednodušit poměrně přesným předpokladem, že tlak na odpadní straně motoru, tj. tlak p_2 při pohybu ve směru I, Obrázek 16, bude blízký tlaku atmosférickému $p_2 = p_{atm} = 0$.

Rovnice pak bude mít tvar

$$F_Z \cdot (1 + a) = p_1 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot D^2 \quad (6.3)$$

kde p_1 je přetlak vzduchu (manometrický tlak) v přívodním vedení k motoru (vstupní tlak do motoru).

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{Z1} \cdot (1+a)}{p_1 \cdot \pi}} \quad (6.4)$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 7500 \cdot (1+0,2)}{5 \cdot 10^5 \cdot \pi}}$$

$$D_1 = 0,15139 \text{ m}$$

Z katalogu firmy Parker jsem vybral průměr pístu nejbližší vyšší vypočtené hodnotě, tj $\varnothing D_1 = 160\text{mm}$ a průměr pístnice $\varnothing d_1 = 40\text{mm}$. Potřebnou sílu $F_{Z1} = 7500\text{N}$ zvolený válec dosáhne při tlaku

$$p_1 = \frac{F_{Z1} \cdot (1+a) \cdot 4}{\pi \cdot D_1^2} \quad (6.5)$$

$$p_1 = \frac{7500 \cdot (1 + 0,2) \cdot 4}{\pi \cdot 0,16^2} = 4,476 \cdot 10^5 \text{Pa} \equiv 0,4479 \text{MPa}$$

6.2 Výpočet spotřeby vzduchu pro motor ovládající boční dveře

Průtok pro motor spočítám z rovnice kontinuity, která popisuje vztah mezi rychlostí a obsahem průřezu.

$$Q_1 = S_1 \cdot v \quad (6.6)$$

kde S je pracovní plocha pístu a v je minimální rychlost. Požadovaný čas pro otevření dveří je 10 sekund a pro zavření dveří taktéž 10 sekund. Tento požadavek platí jak pro otevírání všech čtyř dveří najednou tak i pro dvojici dveří zvlášť. Minimální rychlost pístu potom vypočítám ze vztahu

$$v = \frac{H}{t} \quad (6.7)$$

$$v = \frac{0,35}{10} = 0,035 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Po dosazení do rovnice:

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot v \quad (6.8)$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot 0,16^2}{4} \cdot 0,035$$

$$Q_1 = 7,0372 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Protože je spotřeba vzduchu závislá na tlaku a teplotě udává se přepočtená na tzv. normální (normovaný) stav. Tím se rozumí množství vzduchu, které při normálním tj. atmosférickém tlaku $p_N = p_{at} \approx 100 \text{kPa}$ a normální teplotě $T_N = 293\text{K}$ (20°C) vyplňuje objem 1m^3 . Přepočtený vztah pro průtok vzduchu Q_N bude s využitím stavové rovnice podle [4]:

- pro minimální teplotu, při které má systém pracovat $T_{min} = 253K (-20^{\circ}C)$

$$Q_{Nmin} = Q_1 \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{min}} = Q_1 \cdot \frac{p_{at} + p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{min}} \quad (6.9)$$

$$Q_{Nmin} = 7,0372 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot \frac{293}{253}$$

$$Q_{Nmin} = 0,004899 \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 4,899 \text{ dm}_N^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

- pro maximální teplotu, při které má systém pracovat $T_{max} = 333K (60^{\circ}C)$

$$Q_{Nmax} = Q_1 \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{max}} = Q_1 \cdot \frac{p_{at} + p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{max}} \quad (6.10)$$

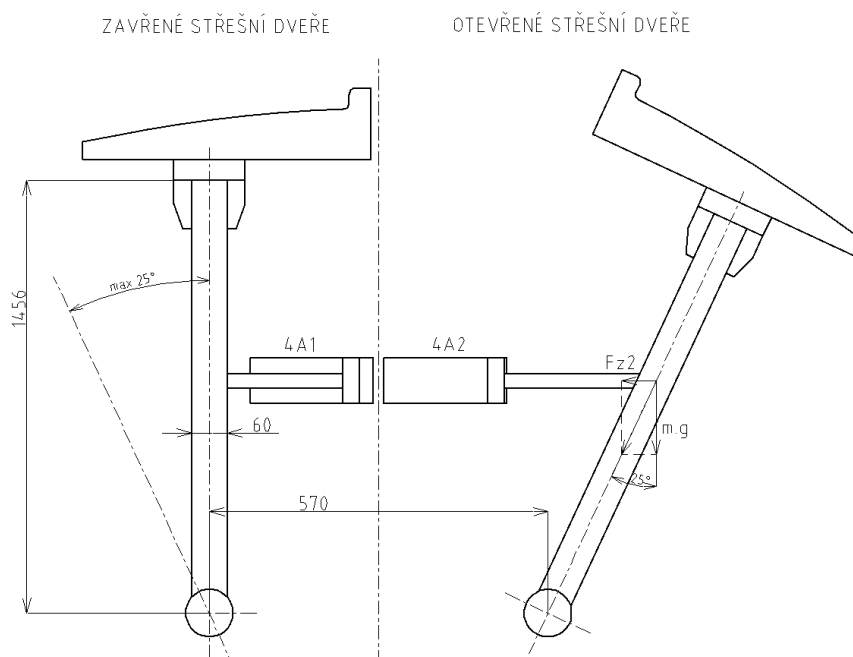
$$Q_{Nmax} = 7,0372 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot \frac{293}{333}$$

$$Q_{Nmax} = 0,003715 \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 3,715 \text{ dm}_N^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Z výpočtu je patrné, že největší průtok vzduchu bude při teplotě $-20^{\circ}C$.

6.3 Výpočet průměru pístu ovládajících střechu

Střecha nákladního vozu je uzavíratelná pomocí dvou dveří, které jsou nedělené. Vyplňují násypný otvor po celé délce vagónu a zamezují tak vniknutí nečistot a dešťové vody do přepravovaného nákladu. Schematický náčrtek s hlavními rozměry je uveden na Obrázku 17. Každé střešní dveře jsou ovládané pneumatickým válcem a jejich hmotnost je 500kg. Uvažuji s těžištěm v ose a úhel vyklopení by měl být maximálně 25° .



Obrázek 17 – Schematický náčrtek střešních dveří

Zatěžující síla, kterou musí pneumatický válec překonat

$$F_{Z2} = m \cdot g \cdot \sin 25 = 500 \cdot 9,81 \cdot \sin 25 = 2072,9 \text{ N} \quad (6.11)$$

Neznám přesnou konstrukci nákladního vozu, z toho důvodu budu uvažovat s dvojnásobnou hodnotou zatěžující síly. Tato síla F_{Z2} může být reálně větší, protože ve výpočtu je zanedbané tření v kloubech, tření mezi střechou a bočnicí vozu. Dále může dojít k malému přičení dlouhých střešních dveří, které jsou ovládány z kraje vagónu. Rozmístění prvků je ukázáno v příloze D. Pro zabezpečení spolehlivé funkce budu uvažovat zatěžující sílu $F_{Z2} = 4145,8 \text{ N}$.

Plocha pístu na straně pístnice (plocha mezikruží) potřebná k vyvinutí síly F_{Z2}

$$S_3 = \frac{F_{Z2}}{p_1} \quad (6.12)$$

$$S_3 = \frac{4145,8}{5 \cdot 10^5} = 0,0082916 \text{ m}^2$$

Z katalogu firmy Parker jsem vybral pneumomotor s průměrem pístu $\varnothing D = 125 \text{ mm}$ a průměrem pístnice $\varnothing d = 32 \text{ mm}$.

$$S'_3 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,125^2 - 0,032^2)}{4} = 0,01146 \text{ m}^2 \quad (6.13)$$

Plocha mezikruží na straně pístnice zvoleného pneumomotoru je větší než je požadovaná. Podmínka $S_3 < S'_3$ je splněna.

6.4 Výpočet spotřeby vzduchu pro motory ovládající střechu

Spotřebu vzduchu pro ovládání střechy vozu vypočítám pro dva motory. Použiji vzorec (6.6) z kapitoly 6.2. Pneumatické válec použitý pro střechu má rozměry $D = 125 \text{ mm}$, $d = 32 \text{ mm}$, $H = 320 \text{ mm}$. Rychlost vysouvání válců volím $v = 0,032 \text{ m/s}$.

$$Q_2 = 2 \cdot S_2 \cdot v$$

$$Q_2 = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot v$$

$$Q_2 = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,125^2}{4} \cdot 0,032$$

$$Q_2 = 7,854 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Znovu provedu přepočet spotřeby vzduchu na normální stav, podle vzorců (6.9) a (6.10).

- pro minimální teplotu, při které má systém pracovat $T_{min} = 253K (-20^{\circ}C)$

$$Q_{Nmin} = Q_2 \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{min}} = Q_2 \cdot \frac{p_{at} + p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{min}}$$

$$Q_{Nmin} = 7,854 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot \frac{293}{253}$$

$$Q_{Nmin} = 0,005457 \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 5,457 \text{ dm}_N^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

- pro maximální teplotu, při které má systém pracovat $T_{max} = 333K (60^{\circ}C)$

$$Q_{Nmax} = Q_2 \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{max}} = Q_2 \cdot \frac{p_{at} + p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{max}}$$

$$Q_{Nmax} = 7,854 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot \frac{293}{333}$$

$$Q_{Nmax} = 0,004146 \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 4,1463 \text{ dm}_N^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Z výpočtu je patrné, že největší průtok vzduchu bude při teplotě $-20^{\circ}C$.

6.5 Volba průměru pístu blokujících boční dveře a střechu

Po dobu přepravy jsou dveře uzamknuty blokovacími válci. Ke splnění této funkce jsou využity dva pneumatické válce, přičemž každý z nich blokuje dvojici dveří. Pneumatický systém je vybavený indikátorem zamknutí/odemknutí bočních dveří, který ukazuje případné nesprávné zajištění klappek.

K pojištění střechy jsou taktéž použity dva pneumatické dvojčinné válce, které zajišťují otevřenou i uzavřenou pozici střešních dveří. Důvody zajištění otevřené polohy proti zavření jsou:

- při špatném nasměrování násypných žlabů nad vozem, po nichž je materiál dopravován, by mohlo dojít k nasypání materiálu na vnější části střešních dílů. Pod tíhou nasypaného materiálu by mohlo dojít k samovolnému zavření střechy a dalšímu úniku materiálu.
- při nečekaném výpadku energie nesmí dojít k samovolnému zavření střechy

Na tyto pneumomotory nepůsobí žádná osová síla, kterou by musely při jejich vysouvání překonávat. Jejich funkce je pouze blokování dveří a zajištění požadované pozice. Proto jejich návrh nebudu doplňovat výpočtem. Pro blokovací pneumomotry volím \varnothing pístu $D_3 = 32 \text{ mm}$ a \varnothing pístnice $d_3 = 12 \text{ mm}$. Tyto pneumomotory mohou dosahovat maximálního zdvihu 1000 mm . Vzhledem k neznalosti přesné konstrukce vozu, navrhuji tyto pneumomotory se zdvihem $H_3 = 150 \text{ mm}$. V případě potřeby by se zdvih dal zvětšit či zmenšit, v rozmezí $0 - 1000 \text{ mm}$.

6.6 Výpočet spotřeby vzduchu pro blokovací motory bočních dveří

Pro výpočet spotřeby vzduchu použiji vzorec (6.6) z kapitoly 6.2.

$$Q_3 = 2 \cdot S \cdot v$$

$$Q_3 = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot v$$

$$Q_3 = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,032^2}{4} \cdot 0,035$$

$$Q_3 = 5,6297 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 3,378 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Znovu provedu přepočet spotřeby vzduchu na normální stav, podle vzorců (6.9) a (6.10).

- pro minimální teplotu, při které má systém pracovat $T_{min} = 253\text{K}$ (-20°C)

$$Q_{Nmin} = Q_3 \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{min}} = Q_3 \cdot \frac{p_{at} + p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{min}}$$

$$Q_{Nmin} = 5,6297 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot \frac{293}{253}$$

$$Q_{Nmin} = 0,0003912 \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 0,3912 \text{ dm}_N^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

- pro maximální teplotu, při které má systém pracovat $T_{max} = 333\text{K}$ (60°C)

$$Q_{Nmax} = Q_3 \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{max}} = Q_3 \cdot \frac{p_{at} + p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{max}}$$

$$Q_{Nmax} = 5,6297 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot \frac{293}{333}$$

$$Q_{Nmax} = 0,0002972 \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 0,2972 \text{ dm}_N^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Z výpočtu je patrné, že největší průtok vzduchu bude při teplotě -20°C .

6.7 Výpočet spotřeby vzduchu pro blokové motory střechy

Pro výpočet spotřeby vzduchu použijí vzorec (6.6) z kapitoly 6.2.

$$Q_4 = S \cdot v$$

$$Q_4 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot v$$

$$Q_4 = \frac{\pi \cdot 0,032^2}{4} \cdot 0,035$$

$$Q_4 = 2,8149 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 1,689 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Znovu provedu přepočet spotřeby vzduchu na normální stav, podle vzorců (6.9) a (6.10).

- pro minimální teplotu, při které má systém pracovat $T_{min} = 253\text{K}$ (-20°C)

$$Q_{Nmin} = Q_4 \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{min}} = Q_4 \cdot \frac{p_{at} + p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{min}}$$

$$Q_{Nmin} = 2,8149 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot \frac{293}{253}$$

$$Q_{Nmin} = 0,0001956 \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 0,1956 \text{ dm}_N^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

- pro maximální teplotu, při které má systém pracovat $T_{max} = 333\text{K}$ (60°C)

$$Q_{Nmax} = Q_4 \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{max}} = Q_4 \cdot \frac{p_{at} + p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{max}}$$

$$Q_{Nmax} = 2,8149 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot \frac{293}{333}$$

$$Q_{Nmax} = 0,0001486 \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \equiv 0,1486 \text{ dm}_N^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Z výpočtu je patrné, že největší průtok vzduchu bude při teplotě -20°C .

7 Návrh pneumatického obvodu

7.1 *Požadavky na pneumatický systém ovládaní bočních dveří*

Při navrhování pneumatického obvodu jsem vycházel z požadavků, které systém musí splňovat pro zabezpečení správné funkce. Tyto požadavky jsou následující:

- a) Pneumatický systém výsypných dveří musí být navržen tak, aby zabezpečil funkce:
 - Odblokování bočních dveří (stejně pro systém 1x4 i 2x2).
 - Otevření. Všechny čtyři boční dveře najednou (systém 1x4) nebo každá dvojice dveří samostatně (systém 2x2).
 - Uzavření. Všechny čtyři boční dveře najednou (systém 1x4) nebo každá dvojice dveří samostatně (systém 2x2).
 - Zablokování bočních dveří (stejně pro systém 1x4 i 2x2).
- b) Blokovací systém musí zabránit aktivaci pneumatického mechanismu nepovolenými osobami.
- c) Ovládání pneumatického systému obsluhujícím personálem z jednoho konce vagónu (v místě přechodové lávky). Ovládání se předpokládá z obou stran vagónu tyčemi se čtyřhranem.
- d) Otevření bočních dveří je možné až po odblokování systému, zablokování je možné až po uzavření všech bočních dveří.
- e) Ovládací tlak vzduchu 0,5 MPa až 1 MPa.
- f) Pneumatický systém musí obsahovat vzdušník, který zabezpečí jednu operaci (otevření a zavření) bočních klapek v případě, že je vagón odpojen od zdroje stlačeného vzduchu.
- g) Pracovní tlak musí indikován na manometrech na každé straně vozu u ovládacích míst.
- h) Čas otevření i uzavření klapek je 10s, čas odblokování a zablokování se do toho nepočítá.
- i) Všechny pneumatické prvky musí snášet teploty v rozsahu od -20°C do +60°C.

7.2 *Posloupnost operací při ovládaní bočních dveří*

Na Obrázku 18 jsou vyfotografované tyče se čtyřhranem umístěné na čele vozu. Jak bylo popsáno dříve, ovládání tyčí je možné z obou stran vagónu. Na bočních dveřích jsou, pro každou tyč a každou polohu natočení tyče, uvedeny popisky. Ty jsou určeny zejména

osobám obsluhující vagón, které by se při ovládání pneumatického mechanismu měly řídit následující posloupností vykonávaných úkonů.



Obrázek 18 – Tyče se čtyřhranem na čele nákladního vagónu

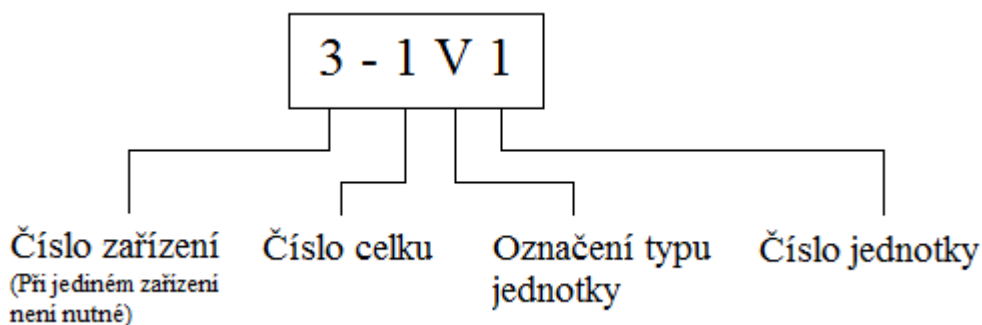
- a) Před aktivací pneumatického systému jsou boční klapky drženy v zavřené poloze. Tuto funkci zajišťuje blokovací/odblokovací pneumatický válec, který přes pákový mechanismus zabezpečuje mechanismus bočních klapek v uzavřené poloze. Je použit jeden pneumatický válec pro dvojici bočních klapek.
- b) Před samotným otevřením bočních klapek je třeba zvolit druh ovládání. Buď všechny klapky najednou (1x4) nebo pouze klapky na jedné straně (1x2). Výběr se provede otočením tyče se čtyřhranem „Z“ na čele vagónu pomocí speciálního klíče. Polohy pro otevření klapek jsou na čele vagónu označeny AB pro systém 1x4 nebo A respektive B pro systém 1x2.
- c) Tyčí se čtyřhranem „W“ se nastavuje otevírání/zavírání střechy nákladního vozu. Potočením tyče do polohy 1 se pneumatické prvky nastaví na otevření střechy. Pootočením tyče do polohy 2 se pneumatické prvky nastaví do na zavření střechy. Při nastavení tyče do polohy 0 zůstávají pneumatické prvky ovládaní střechy v základní poloze.
- d) Pootočením tyče se čtyřhranem „X“ se blokovací pneumatické válce přestaví do odemknuté polohy (zasunou se). Současně se aktivuje funkce všech pneumatických prvků, které zabezpečují otevírání/zavírání bočních dveří a také pneumatických

prvků sloužící k ovládání střechy. Tyto ovládací prvky nesmí být aktivní, pokud nenastane odblokování systému blokovacími válci.

- e) Pootočením tyče se čtyřhranem „Y“ do polohy E se provede otevření všech čtyř dveří současně (1x4) nebo dvojce klapek samostatně (1x2). Závísí na předchozím nastavení tyče „Z“.
- f) Pootočením tyče se čtyřhranem „Y“ do polohy A, dojde k zasunutí pneumatických válců. Čímž dojde k uzavření otevřených bočních klapek.
- g) Potočením tyče se čtyřhranem do původní polohy dojde k vysunutí blokovacích pneumatických válců. Dveře jsou zabezpečeny proti otevření. A zároveň dojde k odvětrání všech pneumatických prvků, které zabezpečují otevírání/zavírání klapek a také pneumatických prvků sloužící k ovládání střechy.

7.3 *Názvy a značení použitých prvků*

Obvykle značení pneumatických prvků, pomocí číslování do skupin, nebylo v mém případě vhodné použít. Některé prvky v obvodu ovlivňují vysouvání a zároveň zasouvání písnic několika pneumomotorů. Značení tímto způsobem by bylo nepřehledné a složité. Proto jsem ve schématech použil značení podle Obrázku 19.

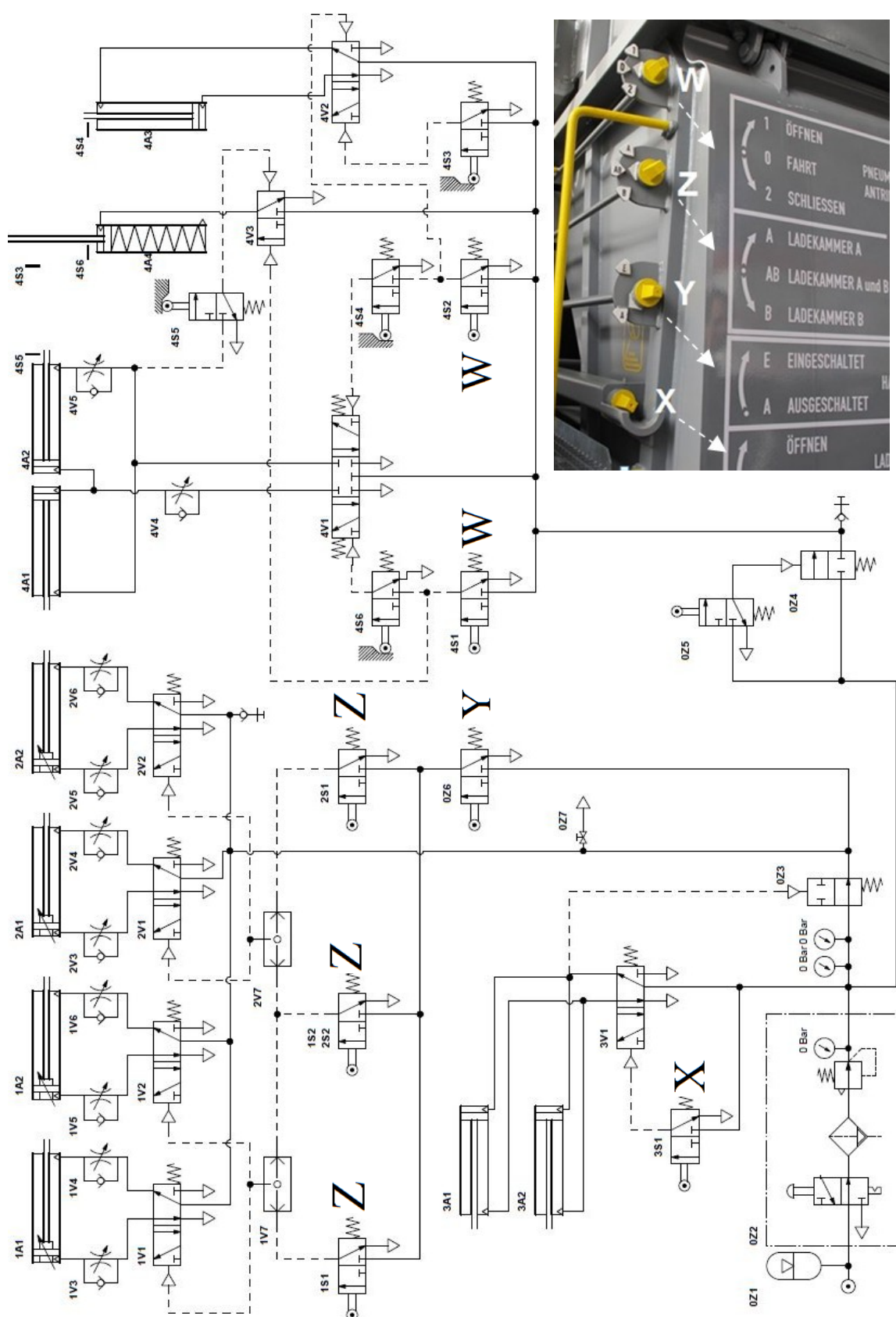


Obrázek 19 – Označení konstrukčních (funkčních) prvků

Označení	Typ	Příklad
P	Čerpadla a kompresory	Pístový kompresor
A	Pohony	Válec
M	Motory pohonu	Elektromotor
S	Snímače signálu	Tlačítko start
V	Ventily	5/2 rozváděč
Z	Ostatní typy jednotek	Jednotka úpravy

Tabulka 4 – Označení typů pneumatických jednotek

1A1, 1A2, 2A1, 2A2	- Dvojčinný přímočarý pneumomotor s jednostrannou pístnicí s nastavitelným tlumením
3A1, 3A2, 4A1, 4A2, 4S5	- Dvojčinný přímočarý pneumomotor s jednostrannou pístnicí bez tlumení.
4A4	- Jednočinný přímočarý pneumomotor s jednostrannou pístnicí bez tlumení.
1V1, 1V2, 2V1, 2V2, 3V1	- Rozváděč monostabilní (5/2) ovládaný pneumaticky. Zpětný pohyb pružinou.
4V1	- Rozváděč bistabilní (5/3) ovládaný oboustranně pneumaticky. Centrovaný pružinami.
4V2	- Rozváděč bistabilní (5/2) ovládaný oboustranně pneumaticky.
1S1, 1S2, 2S1, 3S1, 4S1, 4S2, 4S4, 4S5, 4S6, 4S7, 0Z5, 0Z6	- Rozváděč monostabilní (3/2), ovládaný kladkou. V základní poloze uzavřený. Základní poloha zajištěna pružinou.
1V7, 2V7	- Logický prvek s funkcí OR – třicestný ventil s jednosměrnou funkcí buď-nebo.
0Z3, 0Z4	- Rozváděč monostabilní (2/2) ovládaný pneumaticky. Základní poloha zajištěna pružinou.
1V3, 1V4, 1V5, 1V6, 2V3, 2V4, 2V5, 2V6, 4V3, 4V4	- Kombinovaný škrticí a jednosměrný ventil.
0Z7	- Rozváděč (2/2) ovládaný ruční pákou
0Z2	- Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu
0Z1	- Vzdušník



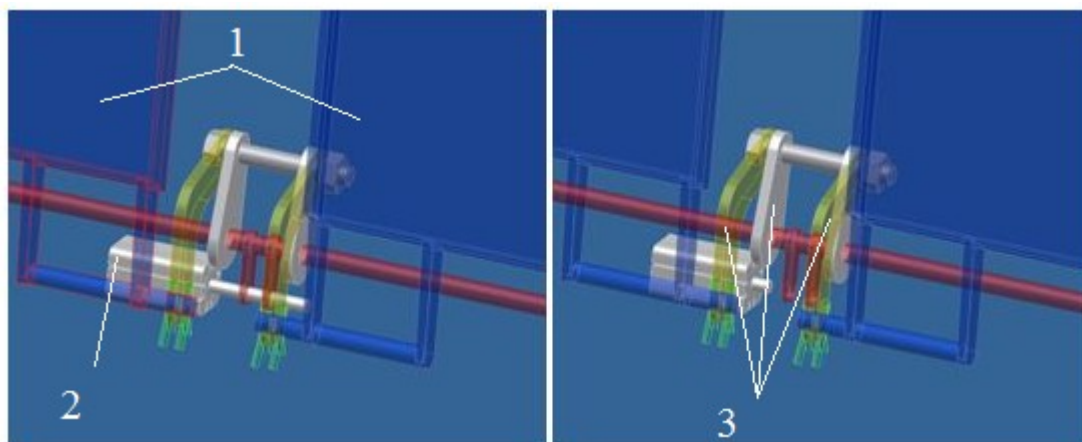
Obrázek 20 – Pneumatický obvod pro otevírání bočních dveří a střechy nákladního vozu

7.4 Popis pneumatického obvodu

Pro snadnější a srozumitelnější popis navrženého pneumatického obvodu je vhodné jej pomyslně rozdělit na tři části. V první části jsou prvky blokování bočních dveří, v druhé části jsou prvky otevírání a zavírání bočních dveří a ve třetí části jsou prvky otevírání a zavírání střechy nákladního vozu.

Blokování bočních dveří se děje pomocí dvojčinných pneumomotorů, které jsou ve schématu označeny 3A1 a 3A2. Každý z těchto blokovacích pneumomotorů je použit pro blokování dvojice dveří na každé straně. Jsou ovládány monostabilním rozváděčem 3V1, který je v základní poloze držen pružinou. V této základní poloze rozváděče jsou zavzdušňovány prostory pístu pneumomotorů 3A1 a 3A2 a dochází k jejich vysunutí (blokování dveří). Současně je tlakový signál přiveden na řídicí vstup ventilu 0Z3, který blokuje průchod stlačeného vzduchu k pneumomotorům 1A1, 1A2, 2A1, 2A2. Odblokování bočních dveří provedeme pootočením tyče „X“, která vačkou najede na kladku rozváděče 3S1. Ten po přestavení přivede tlakový signál na řídicí vstup rozváděče 3V1 a přestaví ho. Dojde k zasunutí pneumomotorů 3A1 a 3A2. Současně se zasouváním pístnic pneumomotorů je zrušen tlakový signál na řídicím vstupu do ventilu 0Z3, který se stává volně průchozím.

Na Obrázku 21 jsou v programu Autodesk Inventor vymodelovány ve velmi zjednodušeném provedení části bočních dveří (vprostřed nákladního vagónu). Blokování je zajištěno vniknutím pístnice pneumomotorů 3A1 nebo 3A2 do ok, které jsou přivařeny ke konstrukci vagónu. Pro kvalitnější a přesnější vymodelování těchto komponent by bylo potřeba znát lépe konstrukci vozu.



Obrázek 21 – Blokování bočních dveří (1 – boční dveře, 2 - blokovací pneumomotorů, 3 – pákový mechanismus)

Druhá část obvodu obsahuje prvky ovládající boční dveře. Pro každé dveře je použitý jeden dvojčinný pneumomotorů (1A1, 1A2, 2A1, 2A2), který je řízen monostabilním, třicestným, dvupolohovým rozváděčem (1V1, 1V2, 2V1, 2V2). Pro řízení rychlosti jsou mezi rozváděči a pneumomotory zapojeny jednosměrné škrtící ventily. Jsou zapojeny tak, aby rychlost byla řízená škrcením vzduchu odváděného do atmosféry. Jakmile se ventil 0Z3 stane volně průtočným, dojde k zavzdušnění prostor pístnic pneumomotorů až na hodnotu maximálního tlaku v systému. Pro otevření bočních dveří musíme pootočit tyčí „Z“. Při potočení do polohy A, najede vačka na kladku rozváděče 1S1 (otevření jedné strany dveří). Při pootočení tyče do polohy B, najede další z vaček na kladku rozváděče 2S1 (otevření druhé strany dveří). Zvolíme-li polohu tyče AB, najede vačka na kladku rozváděče 1S2 (otevření všech čtyř dveří). Při takto nastaveném ovládání je možné provést otevření bočních dveří pootočením tyče „Y“, jejíž vačka najede na kladku rozváděče 0Z6. Rozváděče (1V1, 1V2, 2V1, 2V2) se přestaví a pístnice pneumomotorů se vysunou (otevrou se boční dveře). Pro zavření dveří stačí pootočit zpět tyčí „Y“, čímž se rozváděč 0Z6 vrátí do základní polohy. Tlakový signál na rozváděčích (1V1, 1V2, 2V1, 2V2) je zrušen a vratnou pružinou jsou navraceny do základní polohy, čímž dojde k zasunutí pístnic pneumomotorů (zavření dveří).

Třetí část obvodu obsahuje prvky ovládání střechy. Ta se otevírá a zavírá pomocí dvou dvojčinných pneumomotorů 4A1 a 4A2, jak je znázorněno na Obrázku 17. Musí být splněn bezpečnostní požadavek, pojištění střechy v otevřené i uzavřené poloze. Uzavřená poloha je zajištěna vysunutím jednočinného pneumomotoru 4A4. Otevřená poloha je zajištěna vysunutím dvojčinného pneumomotorů 4A3. Průtok vzduchu do pneumomotorů 4A1 a 4A2 je řízen tří polohovým, pěticestným, bistabilním rozváděčem 4V1. Pro otevření střechy vagónu složí tyč označená písmenem „W“. Ta spíná rozváděče 4S1 nebo 4S2 (zaleží, jestli chceme střechu otevřít nebo zavřít). Současně se sepnutím jednoho těchto rozváděčů je sepnut rozváděč 0Z5. Ten přivádí tlakový signál na řídicí vstup blokovacího ventilu 0Z4.

Nastavíme-li tyč „W“ do polohy 1 provede se série úkonu, které vedou k otevření střechy v následujícím pořadí:

- Sepnou se rozváděče 0Z5 a 4S1.
- Přes rozváděč 4S1 je tlakový signál přiveden na řídicí vstup rozváděče 4V3, který se přestaví a dojde k zasunutí pístnice pneumomotru 4A4 proti síle pružiny (odblokování zavřené polohy dveří).

- Po úplném zasunutí pístnice pneumomotoru 4A4 je sepnut rozváděč 4S7.
- Stlačený vzduch je přes něj přiveden na řídicí vstup rozváděče 4V1, který se přestaví a dojde k vysunutí pístnic pneumomotorů 4A1 a 4A2 (otevření střechy).
- Po úplném vysunutí pístnic pneumomotorů 4A1 a 4A2 je sepnuta rozváděč 4S4.
- Přes něj je řídicí signál přiveden na řídicí vstup rozváděče 4V2, který se přestaví a dojde k vysunutí pístnice pneumomotorů 4A3 (zablokování otevřené polohy dveří).

Nastavíme-li tyč „W“ do polohy 2 provede se série úkonu, které vedou k zavření střechy v následujícím pořadí:

- Sepnou se rozváděče 0Z5 a 4S2.
- Přes rozváděč 4S2 je tlakový signál přiveden na řídicí vstup rozváděče 4V2, který se přestaví do základní polohy a dojde k zasunutí pístnice pneumomotoru 4A3 (odblokování otevřené polohy dveří).
- Po úplném zasunutí pístnice pneumomotoru 4A3 je sepnut rozváděč 4S5.
- Stlačený vzduch je přes něj přiveden na řídicí vstup rozváděče 4V1, který se přestaví a dojde k zasunutí pístnic pneumomotorů 4A1 a 4A2 (zavření střechy).
- Po úplném zasunutí pístnic pneumomotorů 4A1 a 4A2 je sepnuta rozváděč 4S6.
- Přes něj je řídicí signál přiveden na řídicí vstup rozváděče 4V3, který se vrátí do základní polohy a silou pružiny dojde k vysunutí pístnice pneumomotorů 4A4 (zablokování zavřené polohy dveří).

V pneumatickém obvodu jsou dále zapojeny dva manometry. Jsou umístěny na čele vagónu, tak aby obsluhující personál nákladního vozu zřetelně viděl aktuální stav tlaku v pneumatickém systému. Ovládání otočných tyčí je možné z každé strany vagónu, proto jsou manometry umístěny na obou stranách.

7.5 *Kontrola propustnosti obvodu*

Tímto výpočtem se určí průtoková propustnost mezi zdrojem stlačeného vzduchu pracovním prvkem. Zahrnujeme do něj hodnoty normálního průtoku, které jsou uváděny v katalozích výrobců prvků. Do výpočtu jsem zahrnul prvky zapojené v jedné větvi. Jsou to jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu, blokovací ventil, rozváděč, škrťací ventil, šroubení a vedení. Pomocí patřičného výpočtu stanovíme ekvivalentní (náhradní) průtok, který musí být větší nebo roven průtoku pracovních prvků.

$$Q_{Nne} \geq Q_{Nmin} \quad (7.1)$$

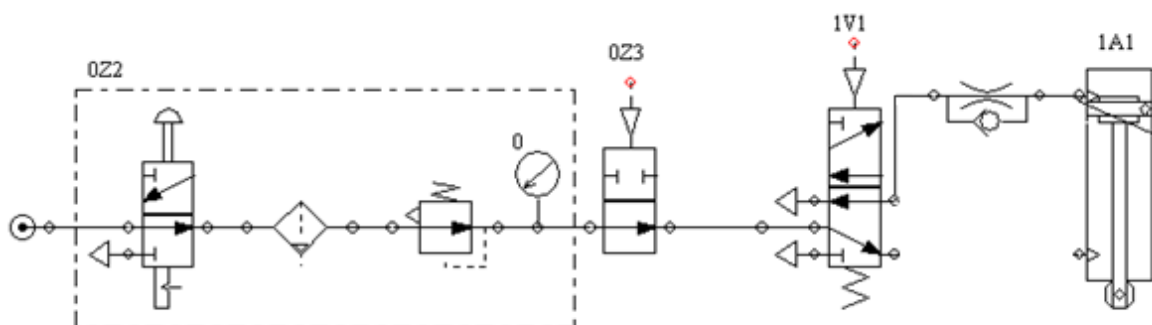
Pokud je uvedená podmínka splněna, je volba světlosti hadic, přípojného šroubení a velikosti prvků provedená správně.

Pro sériové řazení prvků bude ekvivalentní průtok:

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q_{Nni}^2}}} \quad (7.2)$$

Prvek [-]		Q_{Nn} [dm ³ /min]	Počet kusů ve větvi [-]
Škrticí ventil		1320	1
Rozváděč		1290	1
Blokovací ventil		2200	1
Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu	Filtr s odlučovačem	3000	1
	Regulační ventil	3780	1
	Uzavírací ventil	5400	1
Šroubení G ¼		3700	6
Šroubení G ½		8440	2
Šroubení G ¾		24500	1
Vedení délka 5 m, Ø 16,1 mm		7000	1
Vedení délka 1,5 m, Ø 8mm		4200	1

Tabulka 5 – Soubor prvků ve větvi s pneumomotorem



Obrázek 22 – Prvky zapojené v jedné větvi pro výpočet propustnosti obvodu

Výpočet ekvivalentního průtoku:

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\sum_a^i \frac{1}{Q_{Nni}}}}$$

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1300^2} + \frac{1}{1290^2} + \frac{1}{2200^2} + \frac{1}{3000^2} + \frac{1}{3780^2} + \frac{1}{5400^2} + \frac{6}{3700^2} + \frac{2}{8400^2} + \frac{1}{24500^2} + \frac{1}{7000^2} + \frac{1}{4200^2}}}$$

$$Q_{Ne} = 635,16 \text{ dm}^3/\text{min}$$

Aby obvod vyhovoval, musí být splněná podmínka podle vzorce (7.1).

$$Q_{Nne} \geq Q_{Nmin}$$

$$683,27 \text{ dm}^3/\text{min} \geq 293,94 \text{ dm}^3/\text{min} \rightarrow \text{podmínka je splněna}$$

7.6 Výpočet teoretického času otevření dveří

Výpočet provedu tak, že ze stavové rovnice nejdříve spočítám průtok při pracovním tlaku. Dále pak spočítám rychlost vysouvání pístnic a nakonec teoretický čas potřebný pro otevření dveří při plně otevřeném škrťicím ventilu. Teplota okolí je $T_N = T_1$, proto můžu stavovou rovnici zjednodušit.

$$Q_P = \frac{Q_{Nne}}{2} \cdot \frac{p_N}{p_{at} + p_2} \quad (7.3)$$

$$Q_P = \frac{0,01059}{2} \cdot \frac{1 \cdot 10^5}{6 \cdot 10^5}$$

$$Q_P = 0,0008825 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

- rychlost vysouvání pístnic

$$v_s = \frac{Q_P}{S} = \frac{4 \cdot Q_P}{\pi \cdot D_1} \quad (7.4)$$

$$v_s = \frac{4 \cdot 0,0008825}{\pi \cdot 0,16^2}$$

$$v_s = 0,0438 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- teoretický čas otevření dveří

$$t_t = \frac{H}{v_s} \tag{7.5}$$

$$t_t = \frac{0,350}{0,0438}$$

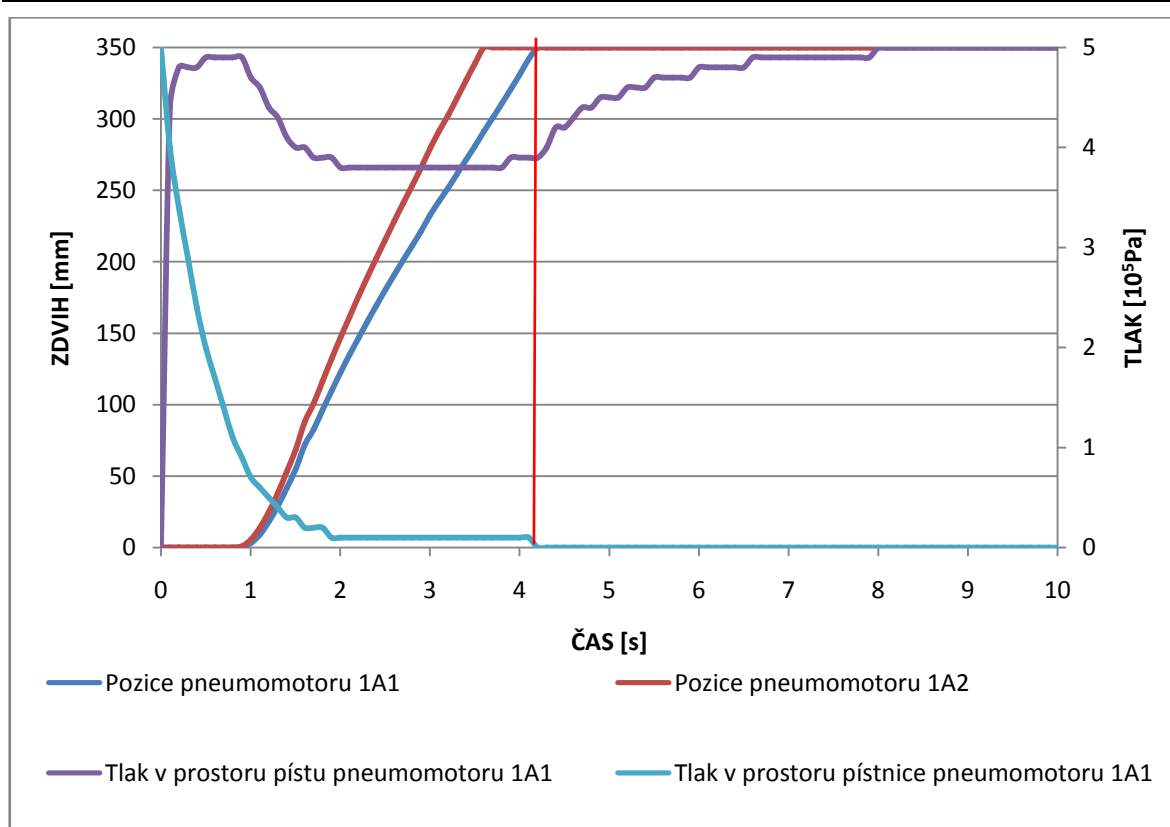
$$t_t = 7,97 \text{ s}$$

Podle uvedených výpočtu by měl obvod svou funkci splňovat. Ověření dále provede simulací obvodu v programu Automation Studio.

7.7 *Simulace obvodu v programu Automation Studio*

Tvorba schémat a následná simulace byla provedena v programu Automation Studio 5. Školní verze programu je omezená v některých nastaveních. Simulaci obvodu jsem proto provedl bez zapojení škrťacích ventilů, u kterých nebylo možné nastavit požadovanou škrťací plochu. Dalším omezením bylo nastavení zobrazovaných charakteristik při simulaci na počet pět. Sledované pneumomotory jsem zatížil, dle zadání, osovou silou o velikosti 7500N. Tlak vzduchu 0,5MPa. Dále jsem nastavil velikosti jednotlivých prvků, světlost a délku vedení, jak je zaznamenáno v kapitole 8.

V první simulaci, kterou jsem vyhodnotil, jsem ověřoval čas otevření bočních dveří na jedné straně vagónu. Při zatížení obou sledovaných pneumomotorů osovou silou 7500N, by oba průběhy byly překryty a v grafu bychom tak viděli pouze jeden průběh. Proto jsem na druhém pneumomotorů zvětšil zatížení na hodnotu 7700N. Viz Obrázek 23.

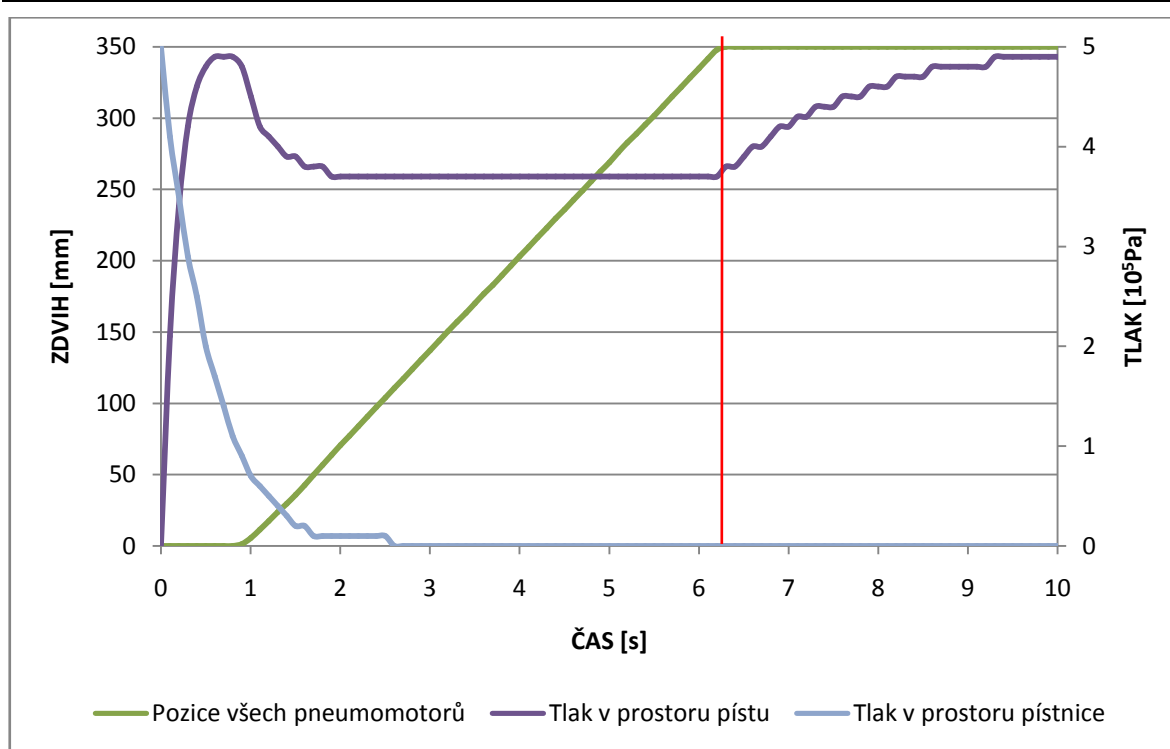


Obrázek 23 – Závislost tlaku a polohy na čase pro jednu stranu dveří

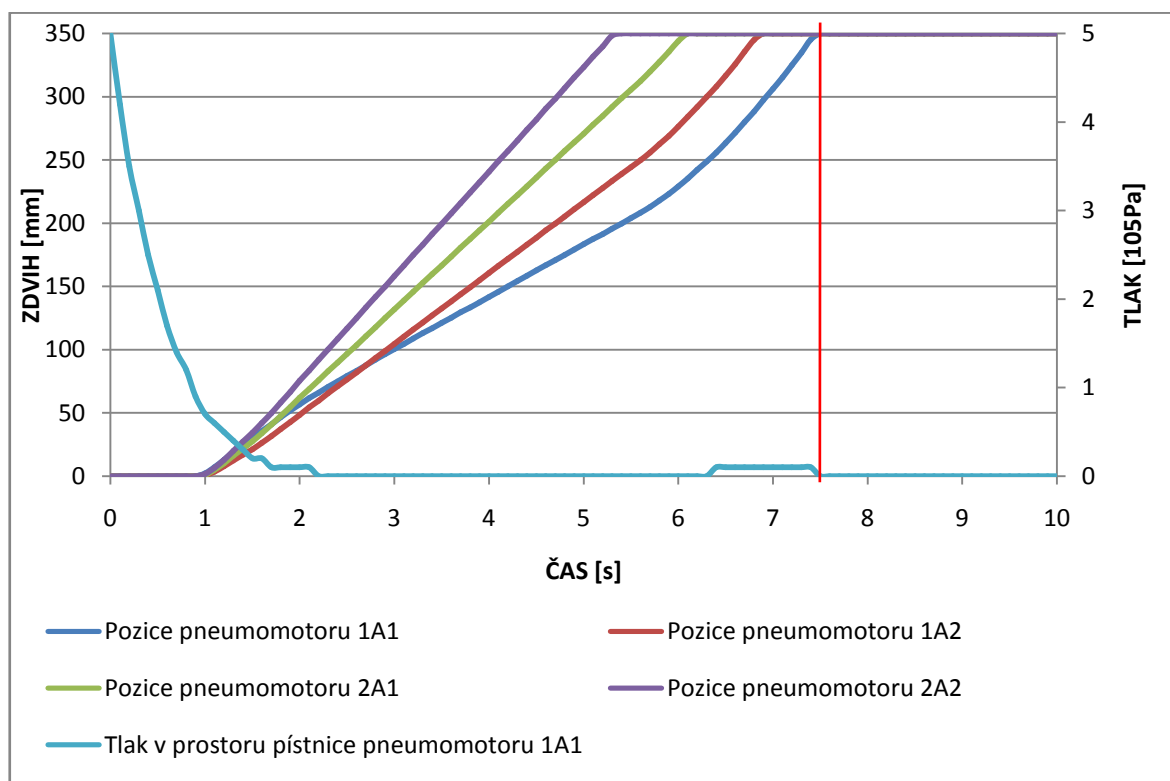
Z Obrázku 23 můžeme vyhodnotit, že potřebný čas pro vysunutí pístu (otevření dveří) je přibližně 4,2 sekund pro více zatížený pneumomotor. Stlačený vzduch z prostoru pístnice je odpouštěn přes řídicí rozváděč do atmosféry a hodnota tlaku tak postupně klesá. Naopak na straně pístu tlak vzrůstá. Po úplném vysunutí pístnic, jeho hodnota dosáhla maximální nastavené hodnoty na redukčním ventilu (v tomto případě 0,5MPa).

V simulaci, která je zaznamenána na Obrázku 24, jsem ověřoval, zda se všechny čtyři pneumomotory (boční dveře na obou stranách) vysunou za požadovanou dobu 10 sekund. Při otevírání dveří na obou stranách proudí přes jednotku pro úpravu stlačeného vzduchu a vedení větší množství vzduchu, který klade větší odpor, proto je tato simulace provedena. Zatěžující síla na všech válcích je nastaven na 7500N. Celkový čas je v grafu znázorněn svislou červenou čarou a ukazuje hodnotu přibližně 6,2 sekund. Průběhy tlaků je stejný jako v předchozím případě.

Lze předpokládat, že pneumomotory nebudou zatíženy stejnými silami, proto jsem na Obrázku 25 provedl simulace pro různě zatížené pneumomotory. Zatížení je na nich nastaveno v rozmezí od 7500N do 7800N. Celková doba otevření bočních dveří se zvýšila na hodnotu přibližně 7,5 sekund. Pro úpravu rychlosti pneumomotorů jsou v obvodu zapojeny jednosměrné škrťací ventily, jimiž můžeme dobu otevírání prodloužit.



Obrázek 24 – Závislost tlaku a polohy na čase pro obě strany bočních dveří.
Pneumomotory zatížené stejně.



Obrázek 25 - Závislost tlaku a polohy na čase pro obě strany bočních dveří. Pneumomotory zatížené různě.

8 Specifikace použitých pneumatických prvků

Nákladní vagón je používán v zemích, kde vlivem klimatických podmínek mohou být pneumatické prvky vystaveny jak velmi vysokým tak velmi nízkým teplotám. Je třeba zajistit spolehlivou funkci i pro tyto extrémní teploty. Proto jsem, podle zadání, vybíral prvky odolávající teplotám od -20°C do $+60^{\circ}\text{C}$. Všechny jsem je zvolil z nabízeného sortimentu firem Parker Haniffin a Parker Origa podle [5] a [9].

8.1 *Pneumatické přímočaré motory*

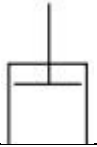
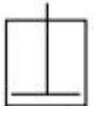
8.1.1 *1A1, 1A2, 2A1, 2A2*

Pro ovládání bočních dveří je použitý dvojčinný válec konstrukční řady P1E s jednostrannou pístnicí, který má nastavitelné tlumení v koncových polohách. Jeho konstrukce je svorníková a válec je určen pro použití v náročných podmínkách. Je vhodný i pro nemazaný vzduch.



Obrázek 26 - Pneumomotor

Výrobek firmy:	Parker Haniffin		
Typové označení:	P1E-T160MS-0350		
Průměr pístu a pístnice:	Ø 160 mm a Ø 40 mm		
Zdvih:	350 mm		
Provozní parametry:	Teplota:	-20°C až +70°C	
	Pracovní tlak:	Max. 1MPa (10bar)	
Připojení:	G ¾		
Použití v obvodu:	4x		

Øpíst / Øpístnice	Zdvih	Plocha [cm ³]	Tlak [MPa]					
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
			Maximální síla [N]					
160/40		200,96	7883	9460	11037	12613	14190	15767
		188,40	7391	8869	10347	11825	13303	14781

Tabulka 6 – Zatížení pneumomotoru

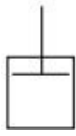
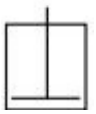
8.1.2 4A1, 4A2

Pro ovládání střechy je použitý dvojčinný válec konstrukční řady P1D s jednostrannou pístnicí. Je velmi odolný proti korozi, má dlouhou životnost a je vybaven PUR těsněním. Je vhodný jak pro použití v náročném provozu tak např. v potravinářském průmyslu.



Obrázek 27 - Pneumomotor

Výrobek firmy:	Parker Haniffin
Typové označení:	P1D-S125MS-0320
Průměr pístu a pístnice:	Ø 125 mm a Ø 32 mm
Zdvih:	320 mm
Provozní parametry:	Teplota: -20°C až +80°C
	Pracovní tlak: Max. 1MPa (10bar)
Přípojení:	G ½
Použití v obvodu:	2x

Øpíst / Øpístnice	Zdvih	Plocha [cm ³]	Tlak [MPa]					
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
			Maximální síla [N]					
125/32		122,7	6136	7363	8590	9817	11045	12272
		114,7	5734	6881	8027	9174	10321	11468

Tabulka 7 – Zatížení pneumomotoru

8.1.3 3A1, 3A2, 4A3

Jedná se o dvojčinné pneumatické motory s vysokou životností společnosti Parker Origa. Nejsou vybaveny tlumením v koncových polohách jejich zdvihu.



Obrázek 28 - Pneumomotor

Výrobek firmy:	Parker Origa
Typové označení:	NZ6032-150/000

Průměr pístu a pístnice:	Ø 32 mm a Ø 12 mm	
Zdvih:	150 mm	
Provozní parametry:	Teplota:	-20°C až +80°C
	Pracovní tlak:	Max. 1MPa (10bar)
Přípojení:	G 1/8	
Použití v obvodu:	3x	

8.1.4 4A4

Tyto pneumomotory jsou vybrány ze stejné konstrukční řady jako pneumomotory 3A1, 3A2 a 4A3 z předchozí kapitoly. V tomto případě, se ale jedná o jednočinný motor. Je-li pneumomotor bez tlaku působí pružina k jeho vysunutí.

Výrobek firmy:	Parker Origa	
Typové označení:	4A3 - NZ7032-150/000	
Průměr pístu a pístnice:	Ø 32 mm a Ø 12 mm	
Zdvih:	150 mm	
Teoret. síla pružiny:	50 N	
Provozní parametry:	Teplota:	-20°C až +80°C
	Pracovní tlak:	Max. 1MPa (10bar)
Přípojení:	G 1/8	
Použití v obvodu:	1x	

8.2 Rozváděče

8.2.1 1V1, 1V2, 2V1, 2V2, 3V1, 4V2

Jedná se o velmi rychlý rozváděč pěticestnný, dvoupolohový (5/2), monostabilní řady Viking Xtreme. Vracení do základní polohy je zajištěno pružinou. Tento rozváděč se vyznačuje velkou spínací rychlostí, vysokou životností, tichým chodem a možností pracovat v prostředí s velkým teplotním rozsahem. Hliníková konstrukce zajišťuje dobrou odolnost proti korozi.



Obrázek 29 - Rozváděč

Výrobek firmy:	Parker Haniffin
Název:	Viking Xtreme
Typové označení:	P2LBX512PS

Provozní parametry:	Teplota:	-40°C až +60°C
	Pracovní tlak:	Max. 1,6MPa (16bar)
	Průtok:	$Q_n=21,5 \text{ dm}_n^3/\text{s}$ ($Q_{KRIT}=38 \text{ dm}_n^3/\text{s}$)
Přípojení:	G 1/4	
Použití v obvodu:	5x	

8.2.2 4V1

Rozváděč 4V1 jsem vybral ze stejné konstrukční řady (Viking Xtreme) jako rozváděče v kapitole 8.2.1. V tomto případě se jedná o bistabilní, pěticestý, tři polohový (5/3) rozváděč, ovládaný oboustranně pneumaticky.

Výrobek firmy:	Parker Haniffin
Název:	Viking Xtreme
Typové označení:	P2LBX612PP
Přípojení:	G 1/4
Použití v obvodu:	1x

8.2.3 4V3

Tento ventil je vybrán ze stejné konstrukční řady jako jsou ventily v kapitole 8.3.2. jedná se o třicestý, dvoupolohový (3/2) rozváděč, ovládaný oboustranně pneumaticky.

Výrobek firmy:	Parker Haniffin
Typové označení:	VA13-AA
Přípojení:	G 1/8
Použití v obvodu:	1x

8.3 Řídící ventily

8.3.1 1V7, 2V7

Jedná se o třicestý ventil s jednosměrnou funkcí „bud’-nebo“.

Výrobek firmy:	Parker Origa
Název:	OR8 – 1/4
Typové označení:	PA12516
Provozní parametry:	Teplota: -20°C až +80°C
	Pracovní tlak: Max. 1MPa



Obrázek 30 –
Třicestý ventil

	Průtok:	$Q_n = 10,6 \text{ dm}_n^3/\text{s}$
Připojení:	G 1/4	
Použití v obvodu:	2x	

8.3.2 0Z5, 0Z6, 1S1, 1S2 (2S2), 2S1, 3S1, 4S1, 4S2, 4S4, 4S5, 4S6

Jedná se rychlý třicestný dvoupolohový (3/2) rozváděč, monostabilní, ovládaný kladkou. V základní poloze je uzavřený, tato poloha je zajištěná vratnou pružinou. Ventil je vyroben z mosazi, proto je velmi odolný proti korozi.



Výrobek firmy:	Parker Haniffin	
Název:	VA 13	
Typové označení:	VA13-WS	
Provozní parametry:	Teplota:	-20°C až $+70^\circ\text{C}$
	Pracovní tlak:	Max. 1MPa (10bar)
	Průtok:	$Q_n = 380 \text{ dm}_n^3/\text{min}$
Připojení:	G 1/8	
Použití v obvodu:	11x	

Obrázek 31- Řídicí ventil

8.3.3 4S3

Tento ventil je vybrán ze stejné konstrukční řady jako jsou ventily v kapitole 8.3.2. Jedná se třicestný, dvoupolohový (3/2) monostabilní rozváděč, ovládaný kladkou s kloubem, která zajišťuje ovládání pouze v jednom směru. Návrat do základní polohy je zajištěn vratnou pružinou.

Výrobek firmy:	Parker Haniffin
Typové označení:	VA13-UWS
Připojení:	G 1/8
Použití v obvodu:	1x

8.3.4 0Z3, 0Z4

Jedná se dvoucestný, dvoupolohový (2/2), monostabilní ventil. Jeho funkce je blokování průtoku vzduchu do systému. Je ovládán pneumaticky. Návrat do základní polohy je zajištěn vratnou pružinou. Ventil 0Z4 bude v základní poloze volně průtočný. Ventil 0Z5 bude



Obrázek 32- Blokovací ventil

v základní poloze uzavřený.

Výrobek firmy:	Parker Origa
Název:	2/2 Way Stop Valve Series ARKV
Typové označení:	0Z4 - ARKV-15 NO (Normally Opened) 0Z5 - ARKV-15 NC (Normally Closed)
Provozní parametry:	Teplota: -20°C až +80°C Pracovní tlak: Max. 1MPa (10bar) Průtok: $Q_n=2200 \text{ dm}^3/\text{min}$
Připojení:	G ½
Použití v obvodu:	2x

8.4 *Ostatní prvky*

8.4.1 *1V3, 1V4, 1V5, 1V6, 2V3, 2V4, 2V5, 2V6, 4V4, 4V5*

Jedná se o jednosměrný škrťací ventil, který vznikne prálelním zapojením škrťacího ventilu a jednosměrného ventilu. Škrčení se provádí otáčením ruční matice, čímž můžeme regulovat rychlost pneumomotrů.

Výrobek firmy:	Parker Haniffin
Název:	Speed Flow Control Valve
Typové označení:	VGB22-Q-O-5
Provozní parametry:	Teplota: -20°C až +70°C Pracovní tlak: Max. 1MPa (10bar) Průtok: $Q_n=1320 \text{ dm}^3/\text{min}$
Připojení:	G ¼
Použití v obvodu:	10x

8.4.2 *OZ2*

Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu zajišťuje požadovanou kvalitu stlačeného vzduchu, umožňuje udržet konstantní hodnotu tlaku a také možnost odstavení dodávky stlačeného vzduchu do systému. Skládá se tedy z regulačního ventilu, filtru s odlučovačem, tlakoměru a uzavíracího ventilu. Filtrování nečistot je od velikosti 5µm. Odlučování kondenzátu probíhá automaticky. Jedná se o prvky nenáročné na údržbu a montáž.

Výrobek firmy:	Parker Haniffin
----------------	-----------------

Typové označení:	Filtr s odlučovačem	P3KFA13ESSA
	Regulační ventil s tlakoměrem	P3KRA13BNJP
	Uzavírací ventil	P3KVA13LN
Teplota u všech prvků:		-20°C až +80°C
Pracovní tlak u všech prvků:		Max. 1,7MPa (17bar)
Průtok:	Filtr s odlučovačem	Max. 50 dm ³ /s
	Regulační ventil s tlakoměrem	Max. 63 dm ³ /s
	Uzavírací ventil	Max. 90 dm ³ /s
Připojení:	G 3/8	
Použití v obvodu:	1x	

8.4.3 0Z7

Jedná se o kulový ventil ovládaný pákou.

Výrobek firmy:	Parker Haniffin	
Název:	Standard series Ball valves	
Provozní parametry:	Teplota:	-20°C až +100°C
	Pracovní tlak:	Max. 4MPa (40bar)
Připojení:	G 3/8	
Použití v obvodu:	1x	

8.4.4 Manometry

Jedná se o ručičkový manometr, který se montuje do vedení. Těleso manometru je vyrobeno z nerezové oceli a uzavřeno je čirým sklem.

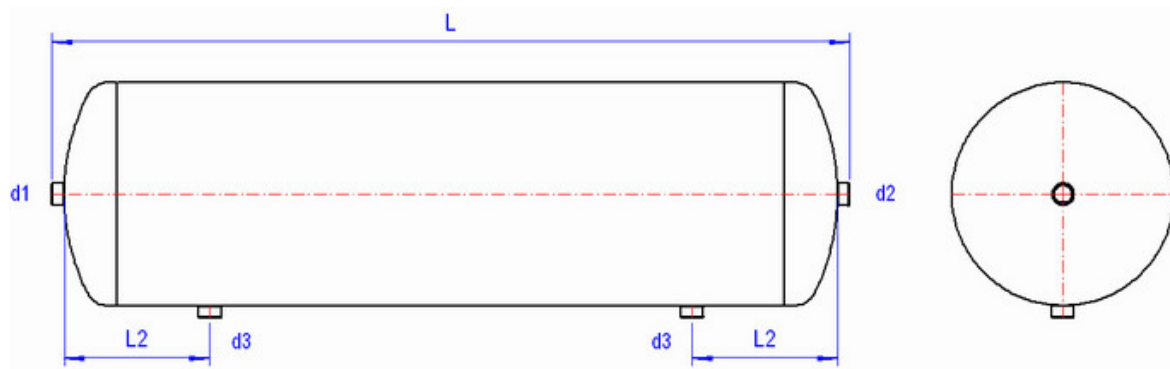
Výrobek firmy:	Parker Haniffin	
Název:	100mm Dail Panel Mounting	PGF.1001.250
Provozní parametry:	Teplota:	-20°C až +60°C
	Pracovní tlak:	Max. 25MPa (250bar)
Připojení:	G 1/2	
Použití v obvodu:	2x	

8.4.5 Vzdušník

Vzdušník vozu volím ze sortimentu společnosti Vaněk s.r.o. Tyto vzdušníky jsou navrženy, schváleny a vyrobeny podle ČSN EN 286-3 a jsou přímo určeny pro použití na

kolejových vozidlech. Objem vzdušníku volím 200dm^3 . Volba velikosti je provedena na základě výpočtu, který je zaznamenán v kapitole 10.

Výrobek firmy:	Vaněk s.r.o.
Název:	Vzduchojem Vz ČD 91655
Provozní parametry:	Teplota: -40°C až $+100^{\circ}\text{C}$
	Pracovní tlak: Max. 1MPa (10bar)
	Objem: 200 dm^3
Použití v obvodu:	1x



Obrázek 33 – Schéma vzdušníku

Základní rozměry vzdušníku:

- $d_1 = G1$, $d_2 = G1$, $d_3 = G3/4$
- $L = 1760\text{ mm}$, $L_2 = 450\text{ mm}$
- vnější průměr 400mm

Jednotky veličin v této specifikaci jsou ponechány tak, jak byly uváděny výrobcí pneumatických prvků v katalozích.

9 Návrh rozvodu stlačeného vzduchu

Rozvod stlačeného vzduchu rozdělím na dvě části. Část silovou a část řídící.

9.1 Silová část rozvodů

Silovou částí rozvodů mám na mysli ty části, kterými je přiváděn stlačený vzduch k pneumatickým motorům. Na nákladním vagónu může dojít k poruchám rozvodné sítě, např. odlétávajícím kamením z podloží koleje nebo poškození cizí osobou. Proto rozvody navrhují co nejodolnější. Silová část rozvodů vzduchu budu tvořena z bezešvé trubky, push-lok hadic a šroubení. Z čela vagónu (od přípoje stlačeného vzduchu) bude stlačený

vzduch přiveden trubicí do prostřední části vagónu. Rozvod k jednotlivým prvkům a pneumomotorům bude dále realizován pomocí push-lok hadic.

Výpočet světlosti vedení se provádí tak, že pro průtok Q v daném úseku a zvolenou rychlost průtoku stlačeného vzduchu v_v se výpočte vnitřní průměr (světlost) potrubí d . Do výpočtu dosazujeme průtok Q v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a zvolenou rychlost v_v v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost se volí v pneumatických ovládacích obvodech $v_v = 20$ až $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$d_v = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{Q_1}{v_v}} \quad (9.1)$$

$$d_v = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{2,82744}{20}}$$

$$d_v = 7,069 \text{ mm}$$

Pro rozvod stlačeného vzduchu použijí Push-Lok hadice společnosti Parker z výrobní řady 831, která je určena pro použití v náročných aplikacích. Použití těchto hadic je v teplotním rozmezí od -40°C do 60°C . Jsou tvořeny třemi odolnými vrstvami. Jsou to syntetická pryž, obal z elastomeru a vnitřní vložka je ze spékaných vláken, viz obrázek 34. Tyto hadice jsou odolnější vůči mechanickému namáhání a mohou pracovat při větším rozsahu teplot. Jejich montáž je velmi jednoduchá. Informace o hadicích jsou zapsány v Tabulce 8.

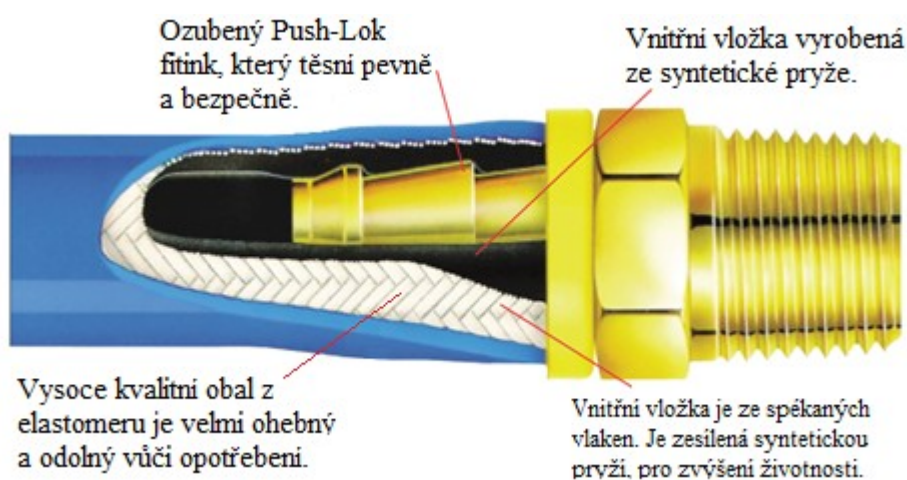
Vnitřní průměr hadice		Vnější průměr hadice	Pracovní tlak	Tlak do prasknutí hadice	Použití v pneumatickém obvodu
palců	mm	mm	MPa	MPa	-
1/4	6,3	12,7	2,4	9,7	část řídící
3/8	10	16	2,0	8,3	část silová
1/2	12,5	20	2,0	8,3	část silová
5/8	16	23	2	8,3	část silová

Tabulka 8 – Push-Lok hadice

Tyto hadice se opatřují koncovkami – fitinky. Jejich obrázek a hlavní rozměry jsou v Tabulce 9.

Obrázek koncovky	Závit	Vnitřní průměr připojené hadice
	G1/4	6,3 mm
	G3/8	10 mm
	G1/4	6,3 mm
	G3/8	10 mm

Tabulka 9 – Push-Lok Fitinky



Obrázek 34 – Řez Push-Lok hadicí

Jak je patrné ze schématu na Obrázku 35, trubka bude umístěná za blokovacím ventilem 0Z3. Výpočet světlosti vedení v tomto místě je proveden pro čtyřnásobnou hodnotu spotřeby vzduchu pneumomotorů bočních dveří, podle vzorce 9.1.

$$d_v = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{v_v}}$$

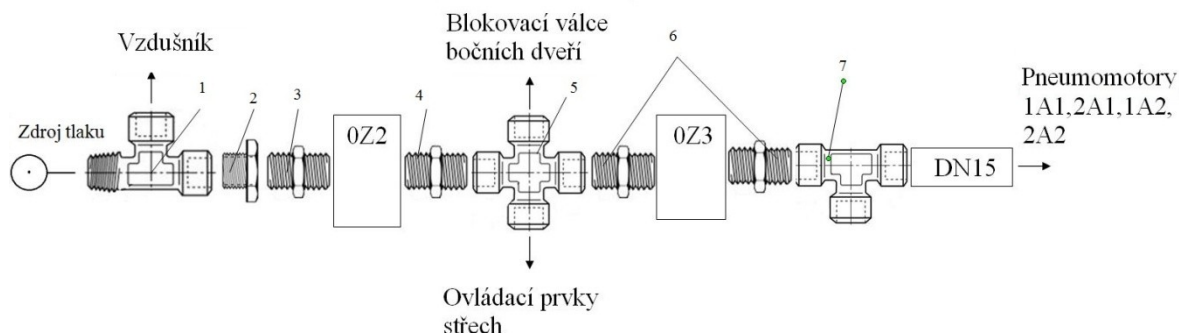
$$d_v = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 2,82744}{20}}$$

$$d_v = 14,14 \text{ mm}$$

Dle výpočtu volím bezešvou, závitovou trubku DN15 se závitem G1/2 a délky 5 m.

Jmen. světlost	Jmen. světlost	Vnější Ø	Tloušťka stěny	Vnitřní Ø
DN	DN	D	t	
[mm]	["]	[mm]	[mm]	[mm]
15	1/2	21,4	2,65	16,1

Tabulka 10 – Parametry bezešvé trubky DN15

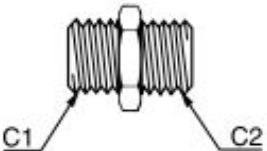
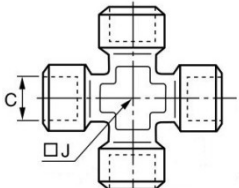
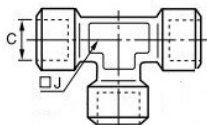


Obrázek 35 – Schematické znázornění propojení rozvodů stlačeného vzduchu u zdroje tlaku

9.1.1 Specifikace šroubení v silové části

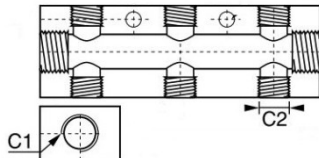
Připojovací místo hlavního přívodu stlačeného vzduchu je R3/4 (podle British Standard Pipe). Jedná se o trubkový, vnitřní závit s kuželovitostí 1:16 a stálým průměrem. Specifikace propojení vedení dle [9]. Na Obrázku 35 jsou za sebou seřazeny propojovací prvky od zdroje tlaku až k trubce DN 15 a v Tabulce 11 je provedena jejich specifikace. Na vagónu by tyto propojovací prvky nebyly šroubovány přímo do sebe, ale propojení mezi nimi by bylo hadicí odpovídající světlosti a patřičné délky podle Tabulek 8 a 9.

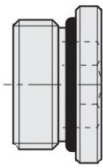
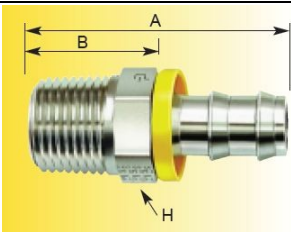
Označení prvku z Obrázku 34	Informace	Obrázek
1	<ul style="list-style-type: none"> L-šroubení s vnějším kuželovým a vnitřním válcovým závitem Závit: C → R3/4, vnitřní závit G3/4 J = 27 mm Objednávací č.: LE0917002 Množství: 1x	 Obrázek 36 – L-šroubení
2	<ul style="list-style-type: none"> Redukce s válcovým vnějším i vnitřním závitem Závit: C1 → G3/4, C2 → G3/8 Objednávací č.: LE0905172	 Obrázek 37 - Redukce

	Množství: 1x	
3	<ul style="list-style-type: none"> Závitová vsuvka s válcovým závitem Závit: C1 → G3/8, C2 → G3/8 Objednáací č.: LE09010017 Množství: 1x	 Obrázek 38 - Vsuška
4	<ul style="list-style-type: none"> Závitová vsuvka s válcovým závitem Závit: C1 → G3/8, C2 → G1/2 Objednáací č.: LE0901172 Množství: 1x	viz. Obrázek 38
5	<ul style="list-style-type: none"> Křížové šroubení s vnitřním závitem Závit: C → G1/2 J = 21 mm Objednáací č.: LE09080021 Množství: 1x	 Obrázek 39 – Křížové šroubení
6	<ul style="list-style-type: none"> Závitová vsuvka s válcovým závitem Závit: C1 → G1/2, C2 → G1/2 Objednáací č.: LE09010021 Množství: 2x	viz. Obrázek 38
7	<ul style="list-style-type: none"> T - šroubení s vnitřním závitem Závit: C1 → G1/2, C2 → G1/2 Objednáací č.: LE09010021 Množství: 2x	 Obrázek 40 – T - šroubení

Tabulka 11 – Specifikace šroubení

Za bezešvou trubkou DN 15 jsou zapojeny rozváděče, škrtkové ventily a pneumomotorů ovládání bočních dveří 1A1, 1A2, 2A1, 2A2. Propojení vedení provedu přes oboustrannou rozdělovací lištu. Z ní bude propojení realizováno pomocí push-lok hadic zvlášť ke každému pneumomotorů. Specifikace je v následující Tabulce 12.


Prvek	Informace	Obrázek
Rozvětvení vedení	<ul style="list-style-type: none"> Oboustranná rozdělovací lišta Závit C1 → G1/2, C2 → G1/4 Počet výstupu: 2+4 Objednáací č.: LE3313132104 Množství: 1x	 Obrázek 41 – Rozdělovací lišta

	<ul style="list-style-type: none"> • Zátka s vnitřním šestihranem Závit: G1/2 Objednáací č.: KW 042 Množství: 1x Pozn.: Bude použita k ucpání jednoho vývodu (G1/2) oboustranné rozvodové desky 	 <p>Obrázek 42 - Zátka</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Push –Lok Fitink Závit: C → G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednáací č.: 30182-4-6 Množství: 4x 	 <p>Obrázek 43 – Push-Lok fitink</p>
Rozváděče 1V1, 1V2, 2V1, 2V2	<u>Pracovní vstupy a výstupy</u> <ul style="list-style-type: none"> • Push –Lok Fitink Závit: C → G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednáací č.: 30182-4-6 Množství: 3x pro každý rozváděč Množství celkem: 12x 	viz. Obrázek 43
	<u>Ovládací řídicí vstupy</u> <ul style="list-style-type: none"> • Push –Lok Fitink Závit: C → G1/4 Světlost připojené hadice: 1/4 Objednáací č.: 30182-4-4 Množství: 1x pro každý rozváděč Množství celkem: 4x 	viz. Obrázek 43
Škrticí ventily 1V3, 1V4, 1V5, 1V6, 2V3, 2V4, 2V5, 2V6, 4V3, 4V4	<ul style="list-style-type: none"> • Push –Lok Fitink Závit: C → G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednáací č.: 30182-4-6 Množství: 2x pro každý Š. V. Množství celkem: 16x 	viz. Obrázek 43

Pneumomotory 1A1, 1A2, 2A1, 2A2	<ul style="list-style-type: none"> Redukce s válcovým vnějším i vnitřním závitem Závit: C1 → G3/4, C2 → G3/8 Objednací č.: LE09051721 Množství: 2x pro každý motor Množství celkem: 8x 	viz. Obrázek 37
	<ul style="list-style-type: none"> Redukce s válcovým vnějším i vnitřním závitem Závit: C1 → G3/8, C2 → G1/4 Objednací č.: LE09051317 Množství: 2x pro každý motor Množství celkem: 8x 	viz. Obrázek 37
	<ul style="list-style-type: none"> Push – Lok Fitink Závit: C → G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednací č.: 30182-4-6 Množství: 2x pro každý rozváděč Množství celkem: 8x 	viz. Obrázek 43

Tabulka 12 – Specifikace šroubení

V další specifikaci budu navazovat na prvek 5 (křížové šroubení) z Obrázku 35. Tzn. prvky k blokovacím válcům.

Prvek	Informace	Obrázek
Rozvod vedení	<ul style="list-style-type: none"> T – spojka Závit: G1/2 Objednací č.: 4050 - 4050-1/2 Množství: 1x Produkt firmy Aignep 	 Obrázek 44 – T - spojka
Rozváděč 3V1	<ul style="list-style-type: none"> Push – Lok Fitink Závit: C → G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednací č.: 30182-4-6 Množství: 3x pro rozváděč + 1x pro T - spojku 	viz. Obrázek 43

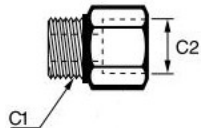
Pneumomotory 3A1, 3A2	<ul style="list-style-type: none"> • Push – Lok Fitink Závit: C → G1/8 Světlost připojené hadice: 1/4 Objednací č.: 30182-2-4 Množství: 2x pro každý rozváděč Množství celkem: 4x 	viz. Obrázek 43
--------------------------	--	-----------------

Tabulka 13 – Specifikace šroubení

V další specifikaci budu navazovat na prvek 5 (křížové šroubení) z Obrázku 35. Tzn. prvky k ovládání střechy.

Prvek	Informace	Obrázek
Blokovací ventil 0Z4	<ul style="list-style-type: none"> • Redukce s válcovým vnějším i vnitřním závitem Závit: C1 → G1/2, C2 → G1/4 Objednací č.: LE09051321 Množství: 2x 	viz. Obrázek 37
	<ul style="list-style-type: none"> • Push – Lok Fitink Závit: C → G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednací č.: 30182-4-6 • Množství: 2x 	viz. Obrázek 43
Rozvětvení vedení za blokovacím ventilem 0Z4	<ul style="list-style-type: none"> • Oboustranná rozdělovací lišta Závit C1 → G1/2, C2 → G1/4 Počet výstupu: 2+6 Objednací č.: LE3313132106 Množství: 1x 	viz. Obrázek 41
	<ul style="list-style-type: none"> • Zátka s vnitřním šestihranem Závit: G1/2 Objednací č.: KW 042 Množství: 1x Pozn.: Bude použita k ucpání jednoho vývodu (G1/2) oboustranné rozvodné desky 	viz. Obrázek 42

	<ul style="list-style-type: none"> • Push – Lok Fitink Závit: C \rightarrow G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednací č.: 30182-4-6 Množství: 3x 	viz. Obrázek 43
	<ul style="list-style-type: none"> • Push – Lok Fitink Závit: C \rightarrow G1/4 Světlost připojené hadice: 1/4 Objednací č.: 30182-4-4 Množství celkem: 3x 	viz. Obrázek 43
Rozváděče 4V1, 4V3, 4V3	<u>Pracovní vstupy a výstupy</u> <ul style="list-style-type: none"> • Push – Lok Fitink Závit: C \rightarrow G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednací č.: 30182-4-6 Množství: 8x 	viz. Obrázek 43
	<u>Ovládací řídicí vstupy</u> <ul style="list-style-type: none"> • Push – Lok Fitink Závit: C \rightarrow G1/4 Světlost připojené hadice: 1/4 Objednací č.: 30182-4-4 Množství: 2x pro každý rozváděč Množství celkem: 6x 	viz. Obrázek 43
Pneumomotor 4A1, 4A2	<ul style="list-style-type: none"> • Redukce s válcovým vnějším i vnitřním závitem Závit: C1 \rightarrow G1/2, C2 \rightarrow G1/4 Objednací č.: LE0905132 Množství: 4x 	viz. Obrázek 37
	<ul style="list-style-type: none"> • Push – Lok Fitink Závit: C \rightarrow G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednací č.: 30182-4-6 Množství: 4x 	viz. Obrázek 43

Pneumomotor 4A4, 4A3	<ul style="list-style-type: none"> • Redukční objímka Závit: C1 → G1/8, C2 → G1/4 Objednací č.: LE09061013 Množství: 3x 	 Obrázek 45 – Red. objímka
	<ul style="list-style-type: none"> • Push – Lok Fitink Závit: C → G1/4 Světlost připojené hadice: 3/8 Objednací č.: 30182-4-6 Množství: 3x 	viz. Obrázek 43

Tabulka 14 – Specifikace šroubení

Výfuky do atmosféry budou opatřeny tlumiči ze spékaného bronzu, které jsou vyráběny s těmito závity G1/8, G1/4, G3/8, G1/2, G3/4, G1.

9.2 Řídící část rozvodů

Řídící část rozvodů bude realizována pomocí push-lok hadic a potřebných šroubení podle Tabulky 8 a 9. Světlost vedení je 6,3 mm. Celková délka řídicího vedení byla odhadnutá na 30 m.

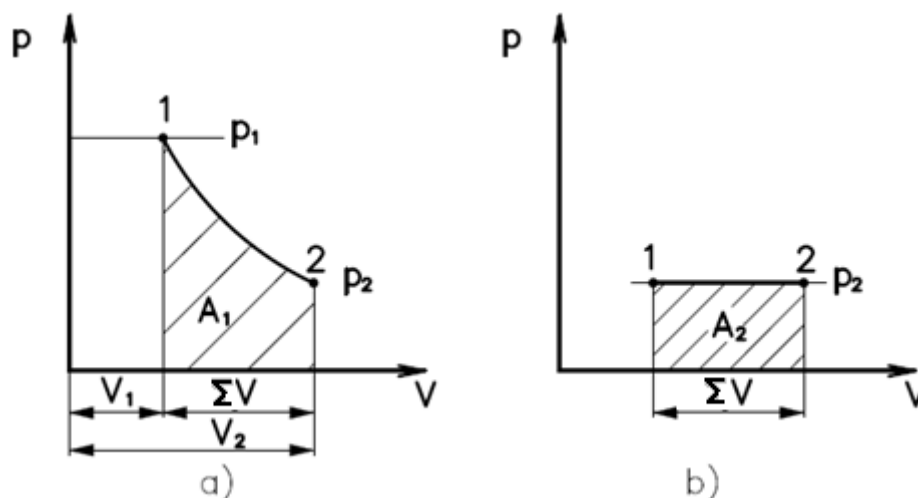
10 Výpočet velikosti vzdušníku

Podle požadavků na pneumatický obvod musí systém obsahovat vzdušník. Ten musí být dostatečně velký, aby bylo možné provést jednu operaci (otevření a zavření) bočních dveří v případě, že je nákladní vagón odpojen od zdroje stlačeného vzduchu.

Na začátku cyklu jsou boční dveře zavřené a blokovací válce jsou ve vysunuté poloze. Do výpočtu zahrnu veškeré objemy, které se zavzdušňují při otevření a následném zavření bočních dveří. Jsou to prostory:

- prostory pístnice válců 3A1 a 3A2 – odblokování bočních dveří
- prostory pístnice válců 1A1, 1A2, 2A1, 2A2 – zavzdušnění před otevírání bočních dveří (Jestli bude část rozvodů za blokovacím ventilem 0Z3 těsná, nemusíme tuto část uvažovat. Z důvodů předpokládaných průtokových ztrát v rozváděčích 1V1, 1V2, 2V1, 2V2 je zavzdušnění prostoru pístnic do výpočtu zahrnuto.)
- prostory pístů válců 1A1, 1A2, 2A1, 2A2 – otevření bočních dveří
- prostory pístnice válců 1A1, 1A2, 2A1, 2A2 - zavření bočních dveří

- prostory pístů válců 3A1 a 3A2 – zablokování bočních dveří
- objemy všech přírodných vedení vzduchu k prvkům ovládající boční dveře

Obrázek 46 – a) polytropická absolutní práce A₁ b) izobarická absolutní práce A₂

Výpočet provedu podle vzorců:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \quad (10.1)$$

$$V = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot H \quad (10.2)$$

Výpočet zavzdušňovaných objemů:

$$V_{1pístnice} = \frac{\pi \cdot (D_1^2 - d_1^2)}{4} \cdot H = \frac{\pi \cdot (0,16^2 - 0,04^2)}{4} \cdot 0,35 = 6,597 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{1píst} = \frac{\pi \cdot (D_1^2)}{4} \cdot H = \frac{\pi \cdot (0,16^2)}{4} \cdot 0,35 = 7,037 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{3pístnice} = \frac{\pi \cdot (D_3^2 - d_3^2)}{4} \cdot H_3 = \frac{\pi \cdot (0,032^2 - 0,012^2)}{4} \cdot 0,15 = 1,0367 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{3píst} = \frac{\pi \cdot (D_3^2)}{4} \cdot H_3 = \frac{\pi \cdot (0,032^2)}{4} \cdot 0,15 = 1,2064 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{DN15} = \frac{\pi \cdot 0,0161^2}{4} \cdot 5 = 1,0179 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{SIL} = \frac{\pi \cdot 0,010^2}{4} \cdot 12 = 9,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{RID} = \frac{\pi \cdot 0,0063^2}{4} \cdot 20 = 6,2344 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Pojmenování jednotlivých značení objemů je sepsáno v seznamu značek.

Celkový objem:

$$\sum V = 8 \cdot V_{1pístnice} + 4 \cdot V_{1píst} + 2 \cdot V_{3pístnice} + 2 \cdot V_{3píst} + V_{DN15} + V_{SIL} + V_{ŘID}$$

$$\sum V = 0,08395 \text{ m}^3 = 83,95 \text{ dm}^3$$

Izobarická absolutní práce pro změnu při $p_2 = \text{konst.}$ za redukčním ventilem

$$A_2 = (p_2 + p_{at}) \cdot V \quad (10.3)$$

$$A_2 = (5 \cdot 10^5 + 1 \cdot 10^5) \cdot 0,08395 = 50373,6 \text{ J}$$

Polytropická absolutní práce pro změnu ve vzdušníku až po redukční ventil

$$A_1 = \frac{p_1 \cdot V_V}{n-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (10.4)$$

Z rovnosti $A_1 = A_2$ plyne vztah pro velikost vzdušníku

$$V_V = \frac{A_1 \cdot (n-1)}{p_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]} = \frac{50373,6 \cdot (1,3-1)}{11 \cdot 10^5 \cdot \left[1 - \left(\frac{6 \cdot 10^5}{11 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1,3-1}{1,3}} \right]} = 0,1052 \text{ m}^3 \equiv 105,2 \text{ dm}^3$$

Vůz má být možné otevřít i po dvaceti čtyřech hodinách po odpojení od zdroje tlaku. Předpokládám, že vlivem ztrát může za tuto dobu tlak poklesnout až o 0,2MPa. Pro zvýšení bezpečnosti výpočet provedu znovu pro sníženou hodnotu tlaku ve vzdušníku.

$$V_V = \frac{A_1 \cdot (n-1)}{p_1' \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1'} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]} = \frac{50373,6 \cdot (1,3-1)}{9 \cdot 10^5 \cdot \left[1 - \left(\frac{6 \cdot 10^5}{9 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1,3-1}{1,3}} \right]} = 0,188 \text{ m}^3 \equiv 188 \text{ dm}^3$$

Volím vzdušník firmy Vaněk s.r.o., který je přímo určený pro použití na železničních vozidlech. Podrobná specifikace vzdušníku byla provedena v kapitole 8.4.5.

11 Alternativní řešení ovládání otevírání bočních dveří

V této kapitole uvedu různé modifikace pneumatického obvodu, které by se daly použít pro pneumatický systém nákladního vagónu.

11.1 Alternativní řešení 1 – ovládání pomocí tlačítek

Pneumatické schéma tohoto řešení je v Příloze B. V tomto obvodu jsou použity tlačítkové ovládací prvky, které jsou umístěny na panelu mezi bočními dveřmi, uprostřed vagónu. Rozdíl oproti obvodu, který je popsán v kapitole 7, je v hlavních rozvaděčích 1V1, 1V2, 2V1, 2V2. V té variantě jsou použity jako bistabilní, z toho důvodu vzrostl počet

řídících prvků téměř na dvojnásobek, protože signál na ně musí být přiveden jak při vysouvání tak při zasouvání pístnic pneumomotorů.

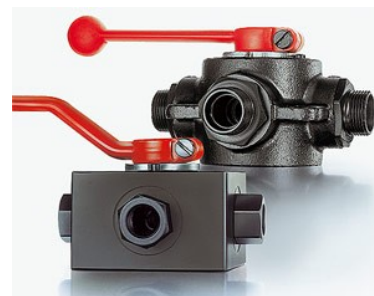
Stlačený vzduch prochází před rozváděč 3V1 a způsobí na pneumomotorech 3A1 a 3A2 vysunutí pístnic, což na vagónu znamená zablokování bočních dveří. Pro odblokování je třeba zmačknout tlačítko rozváděče 3S1, přes který je tlakový signál přiveden na řídicí vstup rozváděče 3V1. Ten se přestaví a dojde k zasunutí pístnic pneumomotorů 3A1 a 3A2, což znamená odblokování bočních dveří. Zároveň je blokovací ventil 0Z3 přestaven do propustné polohy a stlačený vzduch proudí k pneumomotorům 1A1, 1A2, 2A1, 2A2, na kterých jsou zavzdušňovány prostory pístnic. Chceme-li otevřít dveře na jedné straně, musíme zmačknout tlačítko rozváděče 1S1 pro pravou nebo 2S1 pro levou stranu. Tlakový signál je přiveden přes třicestný ventil 1V7 nebo 2V7 na řídicí vstup rozváděče 1V1, 1V2, nebo 2V1, 2V2. Ty se přestaví a dojde k vysouvání pístnic pneumomotorů 1A1, 1A2 nebo 2A1, 2A2. Pro zavření bočních dveří na jedné straně je třeba zmačknout tlačítko rozváděče 1S2 pro pravou nebo 2S2 pro levou stranu. Pro otevření všech čtyř bočních dveří najednou jsou určené rozváděče s označením 1S3 pro otevření a 1S4 pro zavření.

Ovládání střechy je stejné jako v pneumatickém obvodu, který byl popisován v kapitole 7.4. Rozdíl je v propuštění stlačeného vzduchu k prvkům ovládajícím střechu. Nejdříve je třeba přestavit rozváděč 0Z5 ovládaný pákou. Poté lze střechu otevřít stlačením tlačítka 4S1. Pro zavření slouží tlačítkový rozváděč s označením 4S2.

11.2 *Alternativní řešení 2 – ovládání pomocí otočných pák*

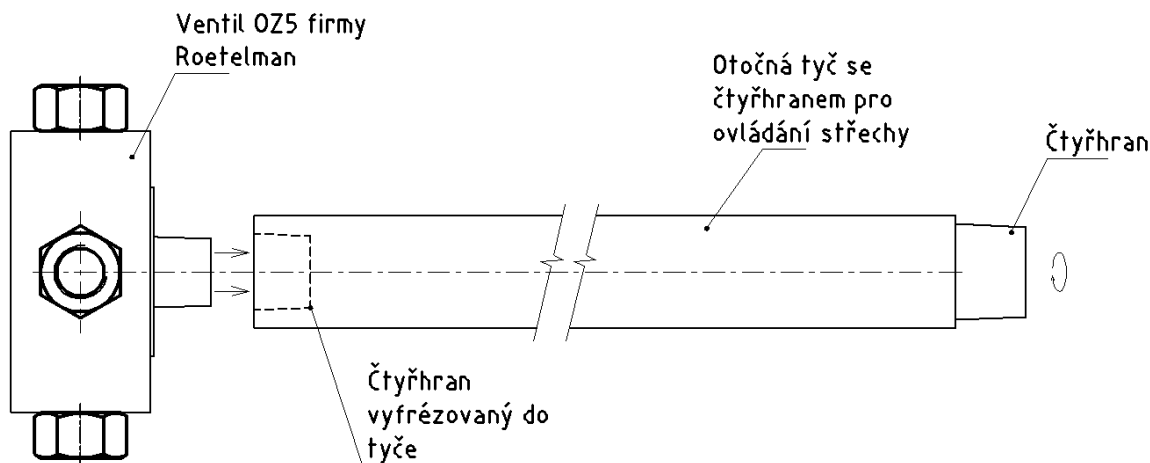
Pneumatické schéma tohoto řešení je v Příloze C. Oproti obvodu, který jsem popisoval v kapitole 7 je zde rozdíl v blokovacím ventilu 0Z5, který propouští stlačený vzduch k pneumatickým prvkům ovládajícím střechu. Ostatní prvky jsou shodné, jak byly specifikovány v kapitole 8.

Ventil 0Z5 je vybrán ze sortimentu firmy Roetelmann. Tělesa ventilů této firmy jsou vyráběna jako mohutné ocelové odlitky, pro použitá v náročných aplikacích, jak je patrné z obrázku. Proto se výborně hodí pro splnění mnou požadované funkce. Ventil bude umístěn na čele vagónu z vnější strany a bude použitý bez červené ovládací páky, která se odšroubuje. Na tělese ventilu zůstane k ovládání čtyřhran. Tyč ovládající střechu nákladního vozu (podle



Obrázek 47 – Ventil firmy Roetelmann

Obrázku 18 se jedná o tyč W), bude z jedné strany upravena tak, aby do ní pasoval čtyřhran ventilu. Tzn., že do tyče W se čtyřhran vyfrézuje. Otáčením tyče se čtyřhranem se bude přestavovat ventil a tím bude docházet k propouštění stlačeného vzduchu k ostatním prvkům. Střední poloha ventilu bude uzavřená.



Obrázek 48 – Schematický znázorněno uchycení ventilu k otočné tyči

Jelikož ventil bude připevněn na vnější straně vagónu, objevuje se riziko, že by ventil mohl být poškozený cizí osobou. Tento nedostatek řeší samotné těleso ventilu, který je mohutný a těžko poškoditelný a měl by zajistit správnou funkci například i při vandalském chování cizí osoby.

11.3 Alternativní řešení 3

Ve všech pneumatických obvodech navržených k ovládání otočnými pákami je možné uvažovat se zjednodušením. Toto zjednodušení popíši na pneumatickém schématu z přílohy C. Bylo by možné vynechat rozváděč 1S2, který slouží k ovládání všech čtyř dveří najednou. Funkci toho rozváděče by potom zastupovaly rozváděče 1S1 a 2S1, které jsou určeny k ovládání jedné strany dveří. Jejich společným sepnutím by se docílilo otevření bočních dveří na obou stranách nákladního vagónu. Tato funkce by se realizovala vhodným umístěním vaček na otočné tyči se čtyřhranem.

12 Závěr

Mým úkolem v této diplomové práci bylo navrhnout pneumatický systém nákladního vagónu pro transport sypkých hmot. Hlavní funkce obvodu jsou otevírání a zavírání bočních dveří, blokování těchto dveří po dobu jízdy a ovládní střechy vozu.

V prvních kapitolách práce jsem se zaměřil na konstrukční popis vozu Falls 11, který je na českých železnicích nejpoužívanější pro převoz sypkých hmot. Jelikož samovýsypných vozů je mnoho různých modifikací, uvedl jsem přehled hlavních charakteristických prvků, jako jsou tvar podlahy a tvar výsypných klapků. Dále byl popsán hydraulický a mechanický způsob ovládání výsypných dveří.

V dalších kapitolách jsem se věnoval návrhu samotného pneumatického obvodu. Veškeré požadavky, které byly kladeny na pneumatický obvod, byly splněny. Podrobně jsem popsal funkci navrženého obvodu a provedl jsem kontrolu jeho propustnosti. K nakreslení a simulaci skutečných podmínek jsem použil program Automation Studio. Pomocí tohoto programu jsem potvrdil, že pneumatický obvod je schopen zajistit otevření všech bočních dveří do 10 sekund, což byl jeden z důležitých požadavků. Vypracoval jsem také dvě alternativní řešení, které by bylo možné použít pro tento obvod. Tyto varianty jsou popsány v závěru práce.

Podrobně jsem se věnoval specifikaci použitých prvků a také propojení od zdroje tlaku až k pneumatickým válcům. Volba pneumatických prvků byla provedena na základě výpočtů. Celý pneumatický obvod musí pracovat i při extrémních klimatických podmínkách v rozsahu teplot -20°C až 60°C . Prvky jsem vybíral z katalogů firem Parker Hannifin a Parker Origa.

Navržený pneumatický obvod jsem sestavil na trenažéru firmy SMC v laboratoři pneumatiky a prakticky jsem ověřil její funkčnost.

K diplomové práci je přiloženo schéma obvodu a dvou alternativních variant.

13 Seznam použité literatury

- [1] www.parostroj.cz [online]. 2006, 13.8.2006 [cit. 2012-04-15]. Vývoj vozu pro přepravu uhlí – zvyšování parametrů. Dostupné z WWW: <http://www.parostroj.net/katalog/nv/clanky/preprava_uhli/preprava_uhli.php3>
- [2] LASÁK, Josef. *Návod na obsluhu a údržbu: Pro ovládání bočních výsypných klapků vozu řady Falls/Fals*. Vydání 1. Ostrava : [s.n.], 1992. 5s.
- [3] *Gueterwagen – Correspondenz*. München : [s.n.], 2002. Nr. 89, s. 92. ISSN 0936 – 4412
- [4] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy - Díl I.* I vydání. Ostrava: VŠB – Technická Univerzita Ostrava, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0.
- [5] PARKER, Hannifin. *Katalog výrobků* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2009 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z WWW: <www.parker.com>
- [6] FLUIDTECHNIK, Bohemia. *Katalog výrobků* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2009 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z WWW: <www.fluidbohemia.com>.
- [7] VORTL, Petr. *Výsypné vozy*. In: VORTL, Petr. *NAŽELVO* [online]. 25.10.2010 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <<http://nazelvo.bluefile.cz/articles/vysypne-vozy/>>.
- [8] VOLTR, Petr. *Otevřené vozy řady F*. In: *Katalog nákladních vagónů* [online]. 7.2.2005 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <<http://pvoltr.sweb.cz/f.htm>>.
- [9] PARKER, Origa. *Katalog výrobků* [online]. [s.l.] : [s.n.], [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <<http://www.operatorserv.ro/downloads>>.
- [10] VANĚK: s.r.o Trutnov - Tlakové nádoby. In: *Vaněk s.r.o Trutnov - Tlakové nádoby* [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: www.vanektu.cz
- [11] BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modeling and control*. Berlin: Springer, 2007. 119 s. ISBN 978-3-540-69470-0

14 Seznam příloh

Příloha A – Pneumatické schéma ovládaní nákladního vlaku

Příloha B – Pneumatické schéma ovládaní nákladního vagónu – Alternativní řešení 1

Příloha C - Pneumatické schéma ovládaní nákladního vagónu – Alternativní řešení 2

Příloha D – Schematický znázorněné rozmístění pneumatických prvků na nákladním vagónu